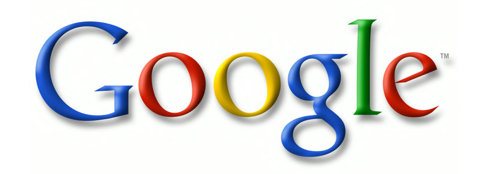
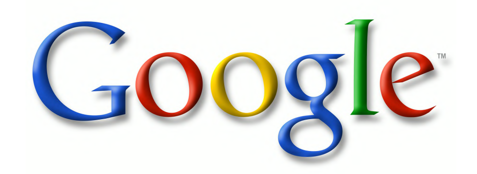







Die stroboskopischen Erscheinungen als Täuschungen des Identitätsbewusstseins und das Problem des Sehens von Bewegungen

Abhandlung

zur

Erlangung der venia legendi

verfaßt und der

hohen Philosophischen Fakultät der Universität Jena

vorgelegt von

Dr. Paul Linke

Mit 8 Figuren im Text

Leipzig
Wilhelm Engelmann
1907

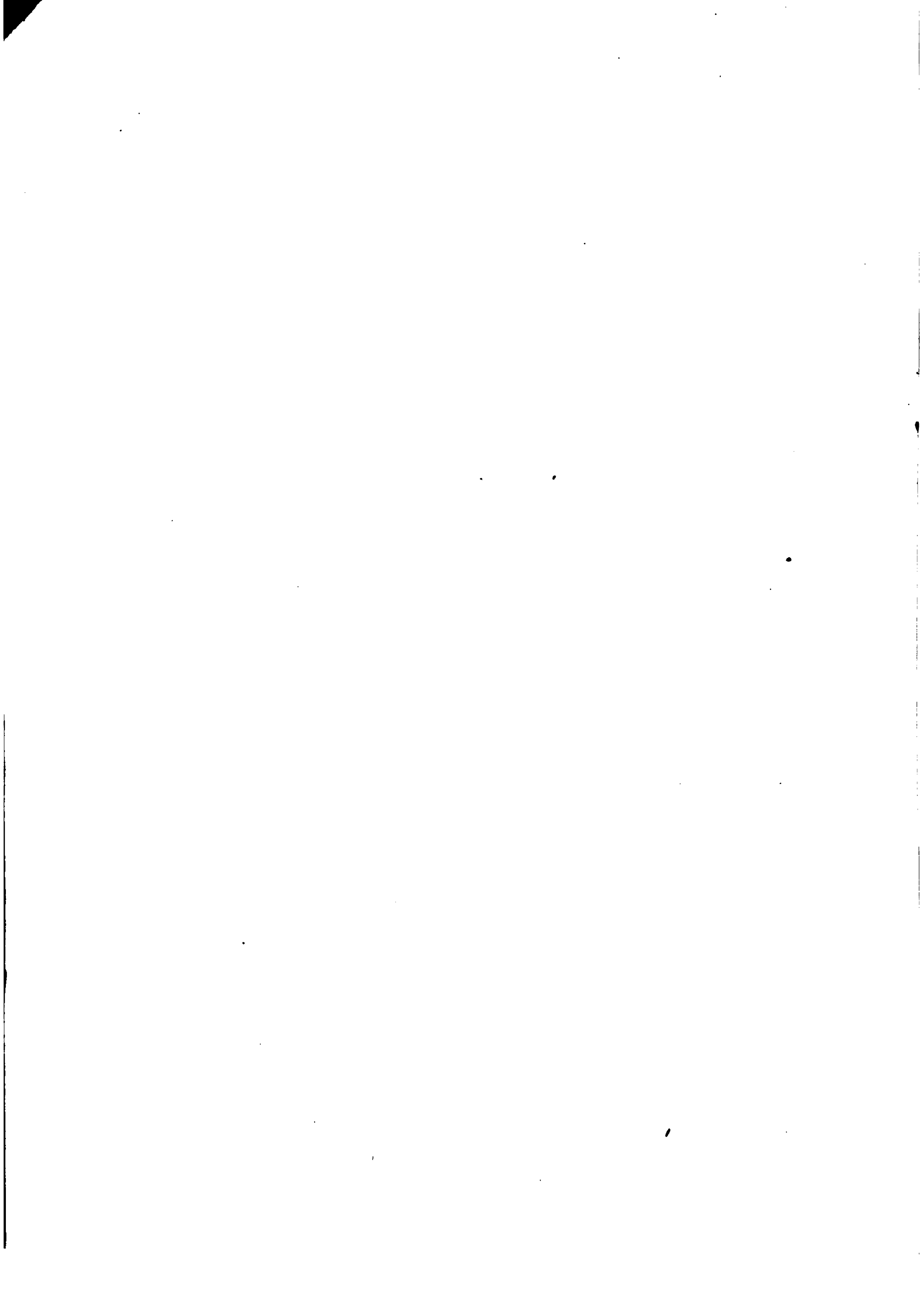
Sonderdruck aus **Wundt**, Psycholog. Studien III. Bd. 5./6. Heft.

Seinem hochverehrten Lehrer

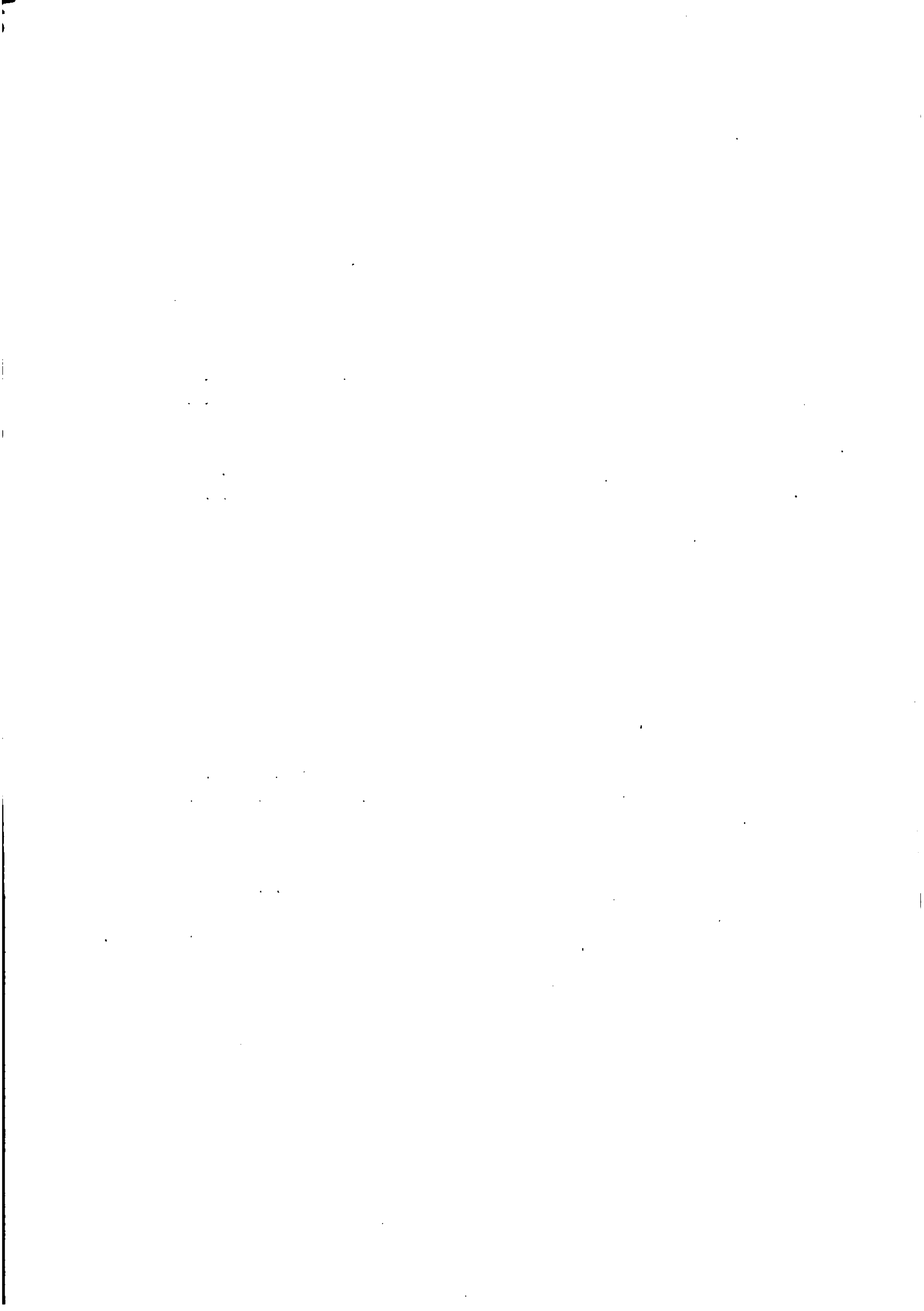
Wilhelm Wundt

dankbar gewidmet

vom Verfasser



Inhalt.



I. Einleitung. Begriff der stroboskopischen Täuschung.

Im Jahre 1895 gelangten die ersten Kinematographen nach Deutschland. Damals gab es viel staunende Berichte in den Zeitungen und klingende Sätze. Besonders an Vergleichen mit dem Phonographen fehlte es nicht. Gibt es — so konnte man lesen — etwas Flüchtigeres, Vergänglicheres als die Bewegungen unseres Körpers? Es sei gewiß kein geringer Triumph, daß es gelungen, nun auch sie, wie vordem schon das gesprochene Wort und den Klang der menschlichen Stimme festzuhalten und für alle Zeiten aufzubewahren. Und doch liegt, wenn man es genau nimmt, ein Fehler in solchen Betrachtungen, so unbestreitbar sie zunächst scheinen. In einem Punkte ist der Kinematograph seinem Vorgänger unterlegen. Es ist bis heute noch nicht gelungen, eine Bewegung zu reproduzieren in dem Sinne, in dem der Phonograph einen Klang reproduziert oder ein Wort. Hier werden Luftschwingungen erzeugt, wirkliche Töne also, die sich im idealen Falle in keiner Hinsicht von den ursprünglichen Tönen unterscheiden. Dort aber haben wir, physikalisch genommen, keine Bewegungen, sondern Bilder, die an sich ebensowenig Bewegungen sind und ebensowenig Bewegungen verursachen können, wie sonst Bilder auch. Freilich, wenn sie in geeigneter Weise vorgeführt werden, setzen wir sie zu einer Bewegung zusammen, und wir können gar nicht anders, wir müssen es tun, wir haben den Bewegungseindruck in zwingender Weise.

Was also vorliegt, ist ein subjektives Phänomen, eine Täuschung des Bewußtseins; die Frage aber, um die es sich dabei handelt, ist eine Frage der Psychologie. Und die bliebe sie auch dann noch, wenn sich schließlich herausstellen sollte, sie fände aus nichtpsychischen Tatsachen heraus eine genügende Beantwortung. Alle Probleme, die das Bewußtsein betreffen, sind nun einmal zunächst psychologische Probleme, mag am Ende ihre Lösung sein, welche sie wolle.

Das gilt im strengsten Sinne, und da bei allen »Täuschungen«, auch bei den überwiegend physikalisch bedingten, natürlicherweise Bewußtseinsvorgänge beteiligt sind, haben alle Fragen, die Täuschungen betreffen, eine psychologische Seite, deren besondere Untersuchung immer möglich ist und in manchen Fällen wohl auch fruchtbar werden kann. Schließlich haben immer drei Faktoren zunächst ganz gleichen Anspruch auf Berücksichtigung, ein physikalischer, ein psychologischer und ein physiologischer, aber beinahe nur der zuletzt genannte pflegt bei unseren Erscheinungen hervorgehoben zu werden: man spricht von diesen Täuschungen — soweit sie überhaupt als problematisch gelten — gemeinhin als von einem physiologischen Problem — sehr zum Schaden der klaren Einsicht.

Von Nachbildern wird im folgenden die Rede sein. Dabei gebrauche ich den Begriff im allgemeinsten Sinne: ich verstehe darunter alles das, was von der Gesamtheit des jeweils wahrgenommenen den physikalischen Reiz überdauert: ich verstehe darunter also nicht die bloße Erscheinung des Abklingens, sondern vor allem auch die Phasen, die ihr unmittelbar vorangehen[1]. Freilich das Wort ist am Ende keine glückliche Prägung. Von Bildern sprechen wir sonst in rein psychologischem Sinne, von Phantasiebildern, von Erinnerungs-

[1]) Noch ferner liegt es mir natürlich, den Begriff des Nachbildes in dem speziellen Sinne anzuwenden, den er bei einigen modernen Forschern (vor allem durch die Untersuchungen von Hess) erhalten hat: die eigentümlichen Nachbildoszillationen treten für die Stroboskopie gänzlich zurück: sie werden durchweg als selbständige Nebenerscheinungen gefaßt, niemals aber — und darauf allein kommt es an — auf die gesehenen Gegenstände als solche bezogen; zudem bedarf es meist einer besonderen Einstellung der Aufmerksamkeit, um sie überhaupt bemerkbar werden zu lassen. Daß vollends komplementäre Nachbilder für unsere Fragen ganz belanglos sind, hat bereits O. Fischer (Philos. Stud. Bd. 3, S. 148) einwandfrei nachgewiesen.

bildern. Hier aber handelt es sich um etwas anderes: um Nachreize, um die Nachdauer physiologischer Vorgänge in der Netzhaut. Solange diese Vorgänge mit einer gewissen Intensität andauern, solange wird unter normalen Bedingungen auch ein Empfindungsvorgang vorhanden sein, und es ist dabei ganz gleichgültig, ob der physikalische Reiz noch besteht oder nicht. Das Wort Nachbild drückt also eine Beziehung aus zwischen physikalischem und physiologischem Reiz, aber keine zwischen physiologischem Reiz und Empfindung. Durch die ganz allgemeine, auch sonst vorhandene Verknüpfung von physiologischem Reiz und Empfindung ist ohne weiteres auch der psychische Effekt, also das eigentliche Nachbild, die den physikalischen Reiz überdauernde Gesichtsempfindung, gegeben.

Solche Nachbilder sollen der herrschenden Anschauung nach das kinetoskopische Phänomen erklären. Unsere Frage war ja: wodurch entsteht aus den vorgeführten Einzelbildern für uns die Bewegung? Und eben hierauf lautet gemeinhin die Antwort: durch Nachbilder. Die dargebotenen Bilder sind natürlicherweise bereits aufeinander abgestimmt, sie stellen stets denselben Gegenstand dar oder auch denselben Komplex von Gegenständen, nur in immer anderen Lagen, sie sind also Bilder der Phasen einer Bewegung. Dabei ist immer die nachfolgende Phase nur sehr wenig von der vorhergehenden verschieden. Zugleich hinterläßt jede Phase ein Nachbild auf der Netzhaut, das die folgende Periode, also die Pause zwischen zwei Bildern, überdauert und somit — der Theorie zufolge — den Zusammenhang aller Phasenbilder herstellt. Mit anderen Worten: die Bewegung ist zwar physikalisch nicht vorhanden, wohl aber physiologisch. Die Nachbilder stellen ein Kontinuum der einzelnen Phasen her, und dieses Kontinuum ist identisch mit dem Bilde einer Bewegung. Unser Eindruck der Bewegung ist dann nur die notwendige Folge der konstanten Verknüpfung von Reiz und Empfindung. Diese Theorie erfreut sich einer sehr großen Verbreitung, und man kann sagen: jeder, der den Kinematographen oder seinen primitiveren Vorläufer, das Stroboskop oder Lebensrad kennt, weiß auch um diese Erklärung. In physikalischen wie physiologischen Lehrbüchern findet sie sich angeführt als etwas ganz Selbstverständliches, und Helmholtz erwähnt in seiner physiologischen Optik zwar allerlei Beob-

achtungen am Stroboskop, aber die übliche Deutung der Erscheinung bezweifelt er mit keinem Worte[1]).

Gleichwohl behaupte ich vorausgreifend: diese Theorie ist vollkommen falsch. Die kinetoskopischen Täuschungen werden durch Nachbilder in keiner Weise erklärt; und wir haben es im Grunde nur mit einem sehr merkwürdigen Irrtum zu tun, den wir aber sofort verstehen: er erklärt sich, wie so mancher andere, aus historischen Bedingungen. Die ersten stroboskopischen Täuschungen, die bekannt wurden, waren in der Tat, wenn nicht der Hauptsache nach, so doch zugleich, höchst eigenartige Nachbildphänome. Im Jahre 1825 erschien in den »Annals of Philosophy« ein Aufsatz Rogets[2]), in dem wir die erste literarische Festlegung einer solchen Täuschung erblicken müssen. Der Autor bespricht eine Beobachtung, die sehr auffallend ist, trotzdem jedermann leicht Gelegenheit findet, sie ebenfalls zu machen. Geht man an einem engen Gitter entlang, und trifft es sich, daß auf der anderen Seite gerade ein Wagen vorüberfährt, so erleiden dessen Räder für unseren Augenschein eine sonderbare Veränderung: sie verlieren ihre Form und stehen still. Die etwas unbestimmte Erscheinung wird deutlich durch folgenden Versuch. Ein kleines Rad dreht sich nur um seine Achse, die senkrecht auf den Beschauer zuläuft. Ein Schirm mit vielen parallelen Spalten ersetzt das Gitter. Er bewegt sich rasch, aber gleichmäßig und natürlich senkrecht zur Spaltrichtung vor den Augen vorüber, der Ebene des Rades parallel. Blickt man dann durch diesen Schirm, so sieht man — nicht das Rad, sondern an seiner Stelle ein seltsames Gebilde: nur der Radkranz besteht noch und von den Speichen jene beiden, deren Lage mit der der Schirmspalten übereinstimmt, die anderen haben sich in Kurven verwandelt, von denen immer je zwei, die sich symmetrisch gegenüber liegen, gleiche Gestalt zeigen. Das auf der geraden Mittellinie senkrechte Speichenpaar ist am stärksten gekrümmt, von dort aus nimmt die Krümmung nach beiden Seiten hin ab — wie die Figur es veranschaulicht. Das Merkwürdigste aber

[1]) Nach dem Gesagten ist es selbstverständlich, daß auch die Anschauung, welche die fraglichen Täuschungen auf das »Talbotsche Gesetz« zurückführen will, hier den Nachbildtheorien zugezählt wird und werden muß.

[2]) Annals of Ph. Aug. 1825, S. 107. Desgl. Poggendorffs Annalen, Bd. 5, S. 93.

ist: die Erscheinung verharrt unbeweglich auf ihrem Platze; alle Drehung ist aufgehoben.

Zur Erklärung denken wir uns mit Roget den Vorgang vereinfacht. Der Schirm habe einen Spalt, das Rad nur eine Speiche. Sie sei aber jetzt objektiv in Ruhe, und nur der Schirm werde bewegt; dann müssen wir, wie ohne weiteres einleuchtet, die Speiche ihrer Gestalt nach genau so sehen wie ohne Schirm: die Ursache sind Nachbild-, oder wenn man lieber will Verschmelzungsphänomene[1]).

Die Gesichtsreize, die von der Speiche ausgehen, erscheinen zwar nacheinander, aber doch sehr rasch nacheinander: der erste wirkt in fast unveränderter Stärke, während schon der letzte beginnt, und wir haben, während er wirkt, gar keine Bürgschaft, daß der Gegenstand, von dem er ausging, noch existiert oder sich gar an derselben Stelle befindet. Gelänge es, alle die Teile des Stabes oder der Speiche zu vernichten, an denen der Spalt eben vorüber geglitten — das Bild auf der Netzhaut würde kein anderes sein: denn es setzt sich einfach aus den Speichenpunkten zusammen, die nach und nach durch den Spalt sichtbar gemacht werden, also kurz gesagt, aus sämtlichen aufeinander folgenden Schnittpunkten von Spalt und Speiche. Ruhend aber erscheint die Speiche, nicht weil sie objektiv ruht, sondern weil diese Folge von Schnittpunkten simultan und nur einen Moment gesehen wird. Darum gilt für die bewegte Speiche ganz dieselbe Regel; nur stimmt dann das Bild, das sich aus den sukzedierenden Schnittpunkten zusammensetzt, nicht mehr mit dem objektiven Speichenbild überein, sondern zeigt eine Kurve, deren Ge-



Fig. 1.

[1]) Nicht jedoch Verschmelzungsphänomene in dem später noch zu erörternden Sinne (S. 75); es wäre darum besser, sie Mischungsphänomene zu nennen: leider hat sich durch einige Autoren, die speziell über solche Erscheinungen gearbeitet haben, die Bezeichnung Verschmelzung auch für diese eingebürgert. Vgl. hierzu Wundt, Physiol. Ps., 5. Aufl., Bd. II, S. 118 f., sowie die späteren Ausführungen dieser Arbeit.

stalt durch einfache, geometrische Gesetze bestimmt ist. Zieht man dann alle in ihrer Lage ja verschiedenen Speichen ebenfalls in Rechnung, so erklärt sich die ganze sonderbare Figur. Man kann also ihre Entstehung, wie Roget bereits getan hat, mathematisch ableiten.

Aber das sind formale Dinge, die uns hier nichts angehen. Nur eines sei bemerkt. Dem Autor ist ein eigentümlicher Irrtum untergelaufen, der sich bis heute in der Literatur[1]) erhalten hat: er werde bei dieser Gelegenheit richtig gestellt. Roget behauptet nämlich ausdrücklich, daß die Drehungsrichtung des Rades auf die Gestalt der Kurven von keinerlei Einfluß sei: die Konvexität der gekrümmten Bilder ist »an beiden Seiten beständig nach unten gekehrt« und bleibt es, »das Rad mag sich nach der rechten oder linken Seite des Beobachters hin bewegen«[2]). Eine einfache Überlegung zeigt, daß das falsch ist. Denn da die Kurven rein geometrisch (oder richtiger kinematisch) bestimmt sind, können sie nicht von der Lage des Beobachters abhängen: dann allein aber wäre jene Eigentümlichkeit verständlich. Wir nehmen an, die ganze Anordnung stände auf dem Tische, zugleich sei die Radebene und also auch die Schirmebene der Ebene des Tisches parallel. Vielleicht sehe ich dann wirklich konvexe Kurven, ein Beobachter aber, der mir genau gegenüber steht, sieht dieselben Kurven konkav. Die Krümmungen sind also keineswegs unter allen Umständen gleichgerichtet. Aus Versuchen, die sich leicht mit einem stroboskopischen Zylinder anstellen lassen, ergibt sich außerdem, daß auch die Drehungsrichtung des Rades von Einfluß ist. Theoretische Betrachtungen führen schließlich zu folgender einfachen Regel: Die Konvexität der Krümmung ist stets nach derjenigen Radhälfte hingekehrt, deren Bewegungsrichtung mit der des Schirmes übereinstimmt.

Es ist übrigens erklärlich, wie Roget zu seinem Irrtum gelangen konnte. Er übertrug die Erfahrungen, die er bei Wagenrädern hinter ruhenden Gittern gemacht hatte, unmittelbar auf seine viel allgemeineren theoretischen Untersuchungen, ohne diese auch noch daraufhin zu betrachten. Und welches ist der Sachverhalt bei ruhendem Gitter?

---

[1]) So bei Stern, Die Wahrnehmung von Bewegungen vermittels d. Aug., Zeitschrift für Psych., Bd. VII (1894) S. 321 ff., § 20 δ; desgl. Wundt, Physiol. Psych., 5. Aufl., Bd. II, S. 583.

[2]) Poggend. Ann. Bd. 5, S. 98.

Prinzipiell ganz derselbe wie bisher. Denn für die Entstehung der Täuschungsfigur kommt nur die relative Bewegung von Rad und Gitter in Betracht. Durch die fortschreitende Radbewegung kommt aber stets eine scheinbare Bewegung des Gitters nach der entgegengesetzten Seite zustande. Zugleich ist ersichtlich, daß im jeweiligen Berührungspunkte von Rad und Rollfläche die Rotationsbewegung der fortschreitenden Bewegung der Achse entgegengerichtet sein muß. Das heißt aber, da sich die Rollfläche meist unten befindet: die Speichenbewegung der unteren Radhälfte ist — soweit davon überhaupt die Rede sein kann — der Achsenbewegung entgegengesetzt. Oder infolge der Relativitätsbeziehung: die Scheinbewegung des Gitters ist der Speichenbewegung in der unteren Radhälfte gleichgerichtet; und daraus folgt nach dem obigen Gesetz, daß tatsächlich in allen solchen Fällen die Konvexität der Kurven nach »unten«, d. h. nach der Rollfläche gekehrt ist. Eine Änderung in der Drehrichtung des Rades zieht eben stets eine Änderung in der scheinbaren Gitterbewegung nach sich, wobei sich von selbst versteht, daß objektive Verschiebungen des Gitters diese Tatsache aufheben oder doch erheblich modifizieren.

Doch nun zur Hauptfrage: wird die Täuschung durch Nachbildwirkungen vollständig erklärt? Von der Verzerrung der Speichen gilt das gewiß, indessen: sie überrascht bei der Erscheinung am Ende gar nicht am meisten. Sondern, was so eigen berührt und wohl zuerst auch auffällt, das ist die plötzliche Verwandlung eines rasch bewegten Gegenstandes in ein vollkommen ruhendes Gebilde, vor allem aber, daß dieses Gebilde während des ganzen Versuches in seiner Ruhe verharrt. Möglich wird das allein dadurch, daß all die Speichenkurven, die verharrend, d. h. als immer dieselben gesehen werden, in Wahrheit gar nicht dieselben sind, sondern beständig, der Drehung des Rades gemäß, durch andere ersetzt werden.

Wir werden also durch die Versuchsanordnung gezwungen, Objekte, die an sich wohl unterschieden sind, mit einander zu verwechseln, numerisch getrenntes zu identifizieren. Blicken wir auf einen Gegenstand, der ruhig vor uns liegt, und schließen wir dann für kurze Zeit die Augen, so zweifeln wir beim Wiederöffnen nicht im mindesten an seiner Identität, trotzdem uns doch im Grunde auch hier die sichere Bürgschaft dafür fehlt. Der Gegenstand hätte ja in der

Zwischenzeit durch einen anderen von genau gleichem Aussehen ersetzt werden können, so daß es uns einigermaßen wie dem Hasen in der Fabel gegangen wäre, der vom Igel im Wettlauf besiegt zu sein glaubt, bloß weil er ihn von der Igelin nicht unterscheiden kann. Im Falle der ruhenden Kurven geht es uns in gewissem Sinne wirklich so: denn die Objekte, von denen sie erzeugt werden, sind nicht identisch, sondern nur gleichartig.

Aber haben nicht doch auch hier die Nachbilder eine entscheidende Bedeutung? Öffnen wir die Augen sehr bald nach dem Schließen wieder, so kann das Nachbild des ersten Eindrucks in der Tat bis zum zweiten verharren, so daß der Gegenstand anscheinend niemals verschwindet. Und das eben ist doch auch bei den ruhenden Kurven der Fall. Wir halten sie nicht bloß für dieselben, sondern sehen sie auch ohne Unterbrechung vor uns, dadurch aber wird die Identitätstäuschung augenfällig, in besonderem Maße zwingend. Gewiß! aber das eigentlich entscheidende liegt doch in der Gleichartigkeit. Sind die Gegenstände ihrem Aussehen nach verschieden, hätten also in unserem Falle die Speichen eine deutlich von einander abweichende Gestalt, so wäre (wie ohne weiteres verständlich) die Täuschung aufgehoben — trotz aller Nachbilder. Die Nachbilder sind in Wahrheit nur ein Mittel, den tatsächlichen Wechsel der Gegenstände in besonders unauffälliger Weise zu verbergen; und es erhebt sich die Frage, ob es nicht möglich ist, dieses bloß technische Hilfsmittel durch ein anderes zu ersetzen, wenn nicht bei der Rogetschen Täuschung selbst, so doch bei anderen ähnlicher Art. Und so ist es in der Tat: dabei denke ich nicht an die Kunststücke der Taschenspieler, von denen einige auch hierher gehören, sondern an andere, gar nicht unbekannte Erscheinungen, von denen noch die Rede sein wird.

Speziell für das Kurvenphänomen gilt jedenfalls: es kommen zwei ganz verschiedene Faktoren zur Geltung: zuerst die Tatsache der Nachbilder, die die Verzerrungserscheinungen ermöglicht, dann aber die Gleichartigkeit rasch hintereinander an derselben Stelle wahrgenommener Objekte, die — durch Verschmelzungserscheinungen[1]) be-

---

[1]) Hier wird dieser Begriff nicht im Sinne der »Mischungsphänomene«, sondern in dem S. 75 ff. erörterten Sinne verstanden.

günstigt — die Identifikation des numerisch verschiedenen verursacht. Dabei geht aus dem Gesagten hervor, daß bei solcher »Identifikation« nicht im mindesten an einen logischen Prozeß gedacht werden kann.

Wie nun Identifikationstäuschungen ohne Nachbildphänomene, so gibt es begreiflicherweise auch umgekehrt Nachbilderscheinungen, die nicht zugleich Identifikationstäuschungen sind. Als identisch gilt uns »derselbe« Gegenstand zu verschiedenen Zeiten, und eine Täuschung in der fraglichen Hinsicht kann deshalb nur darin bestehen, daß diejenigen Elemente, aus denen sich das Wahrnehmungsbild in den einzelnen aufeinander folgenden Expositionen zusammensetzt, ihrer objektiven Entstehung nach von Moment zu Moment verschieden sind. Daraus folgt, daß die »Verschmelzungsphänomene« bei rotierenden Scheiben keine Täuschungen dieser Art sind. Denn hier ist das konstante Wahrnehmungsbild seiner objektiven Entstehung nach durchaus nicht verschieden, sondern fortgesetzt dasselbe, nämlich immer durch die Summierung der physiologischen Wirkung aller Sektoren zugleich hervorgerufen; die Eigenart der Erscheinung liegt vielmehr darin, daß das, was physikalisch genommen sukzediert, für unser unmittelbares Bewußtsein den Charakter des Simultanen erhält.

Aus demselben Grunde gehört auch jene Täuschung nicht hierher, die durch das sogenannte Thaumatrop[1]) erzeugt wird. Jedermann kennt das auch jetzt noch beliebte Spielzeug. Eine kreisrunde Pappscheibe rotiert um einen Durchmesser; auf ihren beiden Seiten befindet sich je eine Zeichnung: Bilder, die sich gegenseitig ergänzen, Roß und Reiter, Vogel und Käfig und dergl. Ist die räumliche Anordnung die richtige, so sieht man bei rascher Rotation statt zweier Bilder ein einziges. Auch hier also wird Sukzessives simultan, und nur die relative zeitliche Unabhängigkeit des physiologischen Reizes vom physikalischen kann diesen Widerspruch verständlich machen. Von einer Identitätstäuschung ist nicht die Rede: sie würde ja gerade verlangen, daß eine zeitliche Differenz der einzelnen Expositionen subjektiv bestehen bleibt; und auch die andere Voraussetzung ist nicht erfüllt: das Aussehen der beiden Objekte ist ganz und gar ungleichartig.

---

[1]) Es ist von dem sonst unbekannten Paris erfunden: Edinb. Journal, Vol. IV, S. 87 u. Poggendorffs Ann. Bd. X, S. 480 u. Bd. XX, S. 304 ff.

Dagegen gilt allgemein, daß jene Täuschungen, die man gewohnt ist, mit dem Kinematographen und ähnlichen Apparaten in Zusammenhang zu bringen, an die man in erster Linie zu denken pflegt, wenn von stroboskopischen Erscheinungen die Rede ist, durchweg Identifikationstäuschungen genannt werden müssen, im Sinne unserer — allerdings noch ergänzungsbedürftigen — Definition.

Damit ist zugleich der Begriff der stroboskopischen Täuschung fester umgrenzt als in der bisherigen Literatur; denn es geht keinesfalls an, ihn lediglich kinetoskopisch zu fassen, also im Sinne der künstlichen Nachahmung einer Bewegung: darin läge eine Einengung, die der üblich gewordene Sprachgebrauch ebensosehr verbieten würde, wie die historische Entwicklung. Denen aber, die in den fraglichen Täuschungen durchaus Verschmelzungsprozesse erblicken wollen, müßte eine bestimmte Definition am ersten Bedürfnis sein. Trotzdem findet sie sich nirgends. Man sucht vergebens nach der Angabe einer differentia specifica, nach dem Hinweise auf die Eigentümlichkeiten, durch die sich dieses e i n e vor den übrigen Verschmelzungs- und Mischungsphänomenen auszeichnet. Oder meint man, die Erscheinungen des Farbenkreisels seien bereits stroboskopischer Natur? Bisweilen scheint es wirklich so, besonders, wenn sich das vorhin erwähnte Thaumatrop hie und da den stroboskopischen Erscheinungen angereiht findet[1]). Aber die Tatsache, daß die Verbreitung und Beliebtheit d i e s e s Spielzeugs zur Erfindung eines anderen, noch eigenartigeren, eben des ersten wirklichen Stroboskops, den äußeren Anlaß gegeben hat, darf nicht verführen, so ganz Heterogenes zu vermengen, und wenn B u n g e vom Stroboskop o d e r Thaumatrop redet[2]), so ist das wohl nur eine Unkenntnis der üblichen Bezeichnungen.

II. Die Speichenverdoppelung. Stroboskopische Täuschungen ohne Nachbilder.

Wenige Jahre nach der R o g e t schen wurde (1829) wieder eine Täuschung bekannt, die genau wie diese zwar eine Verschmelzungserscheinung ist, zugleich aber und vor allem eine stroboskopische

---

[1]) So bei M a r b e, Die stroboskopischen Erscheinungen, Philos. Stud. Bd. XIV, S. 378 u. 380.

[2]) B u n g e, Lehrbuch der Physiologie d. M. Bd. I, S. 117.

Täuschung in unserem Sinne. Plateau[1]) und Faraday[2]) haben sie unabhängig von einander beschrieben. Zwei Räder mit gleich viel Speichen sind auf dieselbe Achse aufgereiht. Werden sie in schnelle gegengleiche Rotation versetzt, so sieht man statt der beiden ein einziges Rad, das wieder vollkommen ruht; außerdem zeigt es die doppelte Anzahl der Speichen eines jeden der wirklichen Räder[3]).

Zur Veranschaulichung diene dies: wir ersetzen die Räder wieder durch Speichen, d. h. durch zwei Stäbe, die hintereinander um eine gemeinsame Achse rotieren können. Doch soll der vordere zunächst feststehen: er sei, ebenso wie der Hintergrund von schwarzer Farbe. Der andere dagegen sei weiß. Er rotiert also zwischen zwei schwarzen Objekten, und bei genügend rascher Drehung wird nichts von ihm zu sehen sein, er wird lediglich dazu dienen, die Farbe des Hintergrundes ein wenig ins Graue zu verschieben. Nur die Stelle bleibt schwarz, an der das rotierende Weiß durch die feststehende Speiche verdeckt wird. Ganz ähnliches aber gilt, wenn beide Speichen rotieren. Immer wird an der Begegnungsstelle das Weiß für einen Moment unserem Anblick entzogen, die Verschmelzung also aufgehoben. Dabei entspricht der Bezirk dieser Aufhebung genau der Gestalt einer Speiche. Es folgt also: soviel Begegnungsstellen, soviel scheinbare Speichen. In unserem Falle nun sind zwei solche Stellen vorhanden: denn es müssen sich — ganz allgemein gesprochen — zwei Punkte, die auf einer gegebenen Bahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit gegeneinander bewegt werden, genau in der Mitte dieser Bahn begegnen. Was aber von den Punkten gilt, wird offenbar auch von unseren Speichen zu gelten haben: nehmen wir an, sie wären sich eben begegnet, so ist die Begegnungsstelle Anfang und Ende der Bahn, die Bahn selbst aber der ganze Kreis, und daraus ergibt sich nach unseren Voraussetzungen, daß eine neue Begegnungsstelle entstehen muß, sobald jede der Speichen gerade einen Halbkreis zurückgelegt hat: also sind insgesamt zwei (voneinander gleichweit entfernte)

---

[1]) Plateau, Dissertation sur quelques propriétés des impressions, produites par la lumière etc. Liège 1829, desgl. Poggendorffs Ann. Bd. XX, S. 304 ff.

[2]) Journ. of the Royal Inst. Bd. I, S. 205 ff. Weitere Angaben finden sich bei Marbe a. a. O. S. 377, Anm. 2.

[3]) Ähnliche Erscheinungen erhielt Marbe auf einem etwas anderen Wege, vgl. Marbe, a. a. O. S. 378, Anm. 1.

Begegnungsstellen vorhanden, und — die Verdoppelung der Speichenzahl begreift sich ohne weiteres.

Auch wenn beide Speichen weiß gefärbt sind, wird — wiewohl weniger deutlich — die Erscheinung eintreten: jetzt sind es statt eines Streifens deren zwei, die den schwarzen Grund entfärben, und nach dem Talbotschen Verschmelzungsgesetz ist die Wirkung verdoppelt. Nur an den Begegnungsstellen fehlt die Verdoppelung: die Aufhellung ist weniger stark, man sieht also wieder eine scheinbare Verdunkelung. Schließlich wird der Versuch mehr oder minder immer gelingen, wenn nur überhaupt zwischen Hintergrund und Speichen irgend eine Helligkeits- oder Farbendifferenz vorhanden ist. Bis hierher könnte man in der Erklärung noch mit der Verschmelzungstheorie auszukommen hoffen. Nun wird jedoch statt der bloßen Speichen ein ganzes unbewegtes Rad gesehen, und das ist wieder nur dadurch möglich, daß — genau wie beim Kurvenphänomen — immer und immer andere Speichen für dieselben gehalten werden, der tatsächliche Wechsel also verborgen bleibt.

Aber dieses Prinzip kommt eben doch auch schon bei der Rotation zweier Speichen in Betracht. Zwar wird hier das ruhende Gebilde von Gegenständen erzeugt, die auch objektiv immer dieselben sind, aber diese Identität ist gleichsam zufällig und keinesfalls die Ursache der subjektiv wahrgenommenen. In Wahrheit sind die Speichen ja in Bewegung: ein Wechsel also besteht auch hier, und die Erscheinung ist etwa jener zu vergleichen, die wir haben, wenn wir auf kurze Zeit die Augen schließen, und ein Gegenstand unterdessen rasch weggenommen, aber sofort darauf wieder an die Stelle gesetzt wird, wo wir ihn vorher sahen. Auch hier ist es allein die Gleichartigkeit des Wahrnehmungsbildes, die über den tatsächlichen Wechsel hinwegtäuscht: denn wir zweifeln nicht im mindesten, daß der Gegenstand derselbe, d. h. auch in derselben Lage, geblieben ist. Übrigens braucht die Gleichheit der Lage keine vollkommene zu sein: bloße Nachbarschaft genügt und zwar auch im Falle unserer Speichen. Ja, die Eigenart der Täuschung wird dadurch gesteigert: denn nun erscheint das subjektive Rad nicht mehr ruhend, sondern bewegt, aber in einer Weise und mit einer Geschwindigkeit, die mit der objektiven Bewegung gar nichts zu tun hat: es handelt sich also um eine stroboskopische Bewegungserscheinung.

Das Phänomen tritt ein, wenn das Verhältnis in der Geschwindigkeit der beiden Räder kein ganz konstantes ist, wie man unschwer erkennt und es Faraday selbst schon hervorhebt. Auch die Rogetsche Täuschung läßt sich in ganz ähnlicher Weise modifizieren.

Die Änderungen, die sich ergeben, wenn die Achsen der beiden Räder nicht mehr dieselbe Lage haben, sind gleichfalls ganz genau bekannt, haben aber nur geometrisches Interesse[1]). Desto größere Wichtigkeit aber hat dieses: von Faradays Aufsatz findet sich ein Referat Poggendorffs in dessen Annalen[2]). In einer Fußnote dazu heißt es folgendermaßen: »Eine ähnliche und ebenso auffallende Gesichtstäuschung läßt sich übrigens auch mit Schrauben hervorbringen. Versetzt man nämlich eine Schraube in schnelle Rotation, so glaubt man die Schraubengänge längs der Achse fortwandern zu sehen, vor- oder rückwärts, je nachdem die Rotation gleiche oder entgegengesetzte Richtung mit dem Gewinde hat.«

Nun war im Texte, wie auch sonst überall, ausschließlich von Nachbildwirkungen die Rede. Wo aber finden sich Nachbilder bei der Schraubentäuschung? Ich denke, unbefangene Beobachtung wird nichts von ihnen entdecken. Und doch spricht Poggendorff von einer Ähnlichkeit mit jener Rädertäuschung, die ja dem Wahrnehmungsbilde nach ganz disparat ist. Was ist nun das tertium comparationis? Es fehlt jede Angabe darüber — aber die Ähnlichkeit besteht trotzdem, und Poggendorff gibt mit der Zusammenstellung beider Erscheinungen ein beachtenswertes Beispiel der Wirkung des Gefühlsmäßigen im wissenschaftlichen Denken und zugleich den Beweis, daß er das Wesen der Täuschungen besser verstanden hat als die Mehrzahl seiner Vorgänger und Nachfolger. Denn das gemeinsame Element, zu dessen Heraushebung er den ersten Schritt getan hat, ist eben kein anderes, als das uns wohl bekannte: auch diese Schraubentäuschung ist eine Identifikationstäuschung, eine stroboskopische Täuschung in unserem Sinne.

Das Prinzipielle an ihr zeigt ein sehr einfacher Versuch. Wir

---

[1]) Ebenso ist natürlich die Täuschung nicht bloß speziell an die Radform geknüpft. Bei dem bekannten Modell für die Erdabplattung ist sie sogar besonders deutlich zu beobachten (vgl. Emsmann, Pogg. Ann. Bd. 54, S. 326) und so überall, wo ähnliche geometrische Bedingungen auftreten.

[2]) Pogg. Ann. Bd. XXII, S. 601.

zeichnen einen dicken, dunklen Streifen quer auf ein Blatt Papier. Darüber decken wir eine Pappscheibe, in die ein schmaler Spalt eingeschnitten ist. Der Spalt schneidet dann aus dem Querstreifen ein kleines Stück heraus. Das Ganze stehe vertikal vor uns und die Richtung des Streifens weiche nicht allzusehr, aber doch deutlich von der Horizontalen ab. Nun werde das Blatt senkrecht zur Spaltrichtung, also horizontal, hin- und herbewegt. Es entsteht ganz zwingend der Eindruck, daß das abgeschnittene Stück sich innerhalb des Spaltes auf- und niederbewegt. Das heißt aber nur: wir halten die Einheit, die wir innerhalb des Spaltes vorfinden, lediglich auf Grund der Gleichartigkeit des Wahrnehmungsbildes, das sie uns bietet, in jedem Moment für dieselbe, während in Wahrheit immer und immer andere Teilstücke an unserem Auge vorbeiziehen. Mit anderen Worten: die Erscheinung ist eine stroboskopische Täuschung, unserer Definition völlig entsprechend. Und da die gleichartigen Einheiten sich wiederum nicht an denselben, sondern an unmittelbar benachbarten Stellen befinden, so folgt auch hier, daß eine Bewegung gesehen werden muß: eben jenes scheinbare Auf- und Abschwingen[1]).

Neu ist nur das gänzliche Fehlen der Nachbilder, es erklärt sich aber ohne Schwierigkeit. Wir kennen ja den alleinigen Zweck dieser Bilder: sie verbergen den Wechsel der Objekte oder helfen doch zum mindesten dabei. Die Entfernung des ersten Gegenstandes, seine Ersetzung durch einen neuen wird in den meisten Fällen einen Eingriff von außen erfordern, der auf irgend eine Weise verwischt werden muß, wenn nicht ein Ruck, eine Unterbrechung oder sonst eine störende Nebenerscheinung wahrgenommen werden soll. Und dazu dienen die Nachbilder. Bei unserer Täuschung aber fehlt solch ein Eingriff von außen, die Aufeinanderfolge der einzelnen Expositionen geschieht überhaupt nicht intermittierend wie bisher, nicht plötzlich, nicht ruckweise, sondern allmählich, kontinuierlich, in vollkommen gleichmäßiger Stetigkeit. Also ist es auch überflüssig, künstlich Stetigkeit zu erzeugen: Nachbilder sind ganz unnötig.

Freilich: von der objektiven Bewegung dürfen wir unter keinen Umständen etwas bemerken: es könnte ja sonst von keiner Täuschung

---

[1]) Ob hierfür eventuell noch andere Tatsachen in Frage gezogen werden müssen, kann hier zunächst unerörtert bleiben: vgl. die folgenden Abschnitte, besonders XVII und XVIII.

die Rede sein. Die wirkliche Bewegung des ausgeschnittenen Streifenstückes muß also verborgen bleiben. Es fragt sich nur, wodurch dieses Verborgenbleiben möglich wird. Am nächsten liegt wohl folgende Antwort. Wir können Bewegungen sehen lediglich auf Grund eines äußeren Merkzeichens. Fehlt ein solches, so besteht die Bewegung subjektiv überhaupt nicht: eine in jeder Hinsicht homogene, kreisrunde Scheibe scheint unbewegt, auch wenn sie rotiert, und ganz allgemein gilt der Satz, daß bei allen Verschiebungen eines homogenen Gegenstandes bloß die Bewegungen seiner Begrenzungslinien gesehen werden können: solche Bewegungen sind aber in unserem Falle allein die vertikal gerichteten. Damit ist sogar mehr geleistet, als für unsere Täuschung unbedingt erforderlich ist. Soweit die vertikale Richtung außer Frage bleibt, verschwindet die objektive Bewegung ganz und gar; nötig war am Ende nur, sie in eine andere, minder auffällige umzusetzen. Und auch in dieser Form kommt die Täuschung vor; ja sie ist dann sogar am bekanntesten: ich meine das scheinbare Auf- und Abschwingen der Telegraphendrähte, das man bei einer Eisenbahnfahrt beobachtet. Denn diese Drähte zeigen außer der vertikalen noch eine seitliche Bewegung, die aber keineswegs der tatsächlichen (natürlich relativen) entspricht, sondern in die Längsrichtung der Drähte selbst verlegt wird. Man bemerkt das am deutlichsten, sobald man jene Stellen beobachtet, an denen zwei Drahtenden mit einander verlötet sind: benutzt man die als Markierstellen, so sieht man sie deutlich vorbeieilen, ohne daß die Schwingbewegung eine Störung erfährt. Offenbar ist die eingetretene Minderung der Homogenität nicht intensiv genug, um den unmittelbaren Eindruck der Identität des durch das Wagenfenster isolierten Drähtekomplexes in seinen verschiedenen Lagen aufzuheben oder auch nur zu beschränken. Die Bewegung scheint sich auf oder an den Drähten zu vollziehen, während sie selber nur Schwingungen ausführen: die Form des Drähtekomplexes, wie sie das Wagenfenster oder der Spaltausschnitt zeigt, repräsentiert uns trotz wahrgenommenen Wechsels der einzelnen Teile die Einheit des Gegenstandes, wie dies eben auch sonst — man denke an einen Fluß oder ein Wehr — der Fall ist. Daher muß auch umgekehrt mit einer deutlichen Änderung der Form die Täuschung sofort aufgehoben sein. Die jähen Unterbrechungen, die das Schwingen der Drähte immer dann erfährt, wenn

eine Telegraphenstange ins Gesichtsfeld tritt, erklären sich eben aus diesem Umstande[1]).

Der Versuch mit Spalt und Streifen ist nun noch weiter modifizierbar. Der Spalt wird schließlich ganz entbehrlich. Es ist offenbar gleichgültig, ob wir wie bisher den Streifen mit der Hand hinter dem Spalte vorüberziehen oder ihn bei sonst unveränderter Richtung auf einen Zylinder aufrollen und diesen dann um seine (dem Spalt parallele) Achse rotieren lassen. So erhalten wir die Schraubentäuschung Poggendorffs in ihrer einfachsten Form: der Spalt ist überflüssig, denn die Isolierung eines Streifenstückes wird durch den Zylinder viel besser erreicht, indem er uns stets nur die eine Seite der Windung zu Gesicht bringt.

Auch hier kombinieren sich zwei Bewegungen, und Poggendorff beschreibt demnach die Erscheinung nicht vollständig genug: wir sehen mehr als eine bloße Wanderung der Schraubengänge in der Richtung der Achse, sie bewegen sich auch noch in ihrer eigenen Richtung, ganz wie die Telegraphendrähte. Man überzeugt sich davon, wenn man auf ein zylindrisches Holzstück — einen Bleistift etwa — Streifenwindungen klebt, die mit verschiedenfarbigen Flecken versehen sind: hier zeigt sich die Doppelbewegung so deutlich wie möglich.

Durch Verlangsamung der Zylinderbewegung wird die Täuschung nur wenig vermindert, und erst bei völligem Stillstande verschwindet sie ganz.

Ganz ähnlich wie auf einen Zylinder kann man solche Windungen auch auf eine Kreisfläche übertragen. Es entsteht dann die »Plateausche Spirale[2])«, die sich in radialer Richtung zu bewegen scheint, sobald sie in ihrer Ebene um den Ausgangspunkt gedreht wird. Die in der Natur sichtbaren Wellenbewegungen gehören ebenfalls hierher: auch bei ihnen ist es die Form, die den Gegenstand repräsentiert und

---

[1]) Ganz anderer Meinung ist O. Fischer (Psychol. Analyse der strob. Ersch., Philos. Stud. Bd. III, S. 151). Er erklärt diese Tatsache aus unserer Unfähigkeit, unstetige Bewegungen überhaupt gehörig aufzufassen. Nur stetigen Bewegungen sei unser Auffassungsvermögen angepaßt, denn nur solche könnten wir in der Natur beobachten. Sind aber nicht gerade die unstetigen Bewegungen in der Natur die Regel? Die uns geläufigste Bewegung wenigstens, unsere Gehbewegung, ist doch gewiß unstetig. Vgl. auch S. 154 dieser Abhandlung.

[2]) Plateau, Poggend. Ann. Bd. 80, S. 287.

uns wieder veranlaßt, das ständig wechselnde zu identifizieren. Denn das ist die einzige Möglichkeit, den Schein des Fortschreitens der Welle zu erklären: auch er ist also ein stroboskopisches Phänomen.

Endlich sei hier noch eine sehr merkwürdige Täuschung angeschlossen, die Otto Fischer[1]) zuerst erwähnt, und die man auf Spaziergängen überall leicht beobachten kann: man wird wohl einmal an einem Garten vorüberkommen, der ringsum von einem gleichmäßigen Staketenzaun oder sonst einem Gitter umgeben ist. Blickt man dann im Vorüberschreiten durch die eine Staketenwand auf die gegenüberliegende, so sieht man zwischen ihnen breite, schattenartige Gebilde auftreten, von der Größe und Form mindestens zweier nebeneinander gelegter Staketenstäbe; sie bewegen sich fort und zwar mit einer Geschwindigkeit, »welche die, mit der sich die beiden Zäune scheinbar an einander verschieben, weit übertrifft. Sehr häufig kommt es vor, daß diese Schatten sich während der Bewegung schief und schiefer stellen und zugleich breiter werden, bis sie sich endlich horizontal legen und sich an einer Stelle des Zaunes gleichsam in den Erdboden hineinschieben. Nach einer solchen Stelle kommen auch von der anderen Seite in entgegengesetzer Richtung eben solche Schatten hingelaufen, um ebenfalls im Erdboden scheinbar zu verschwinden«.

Im kleinen läßt sich diese Täuschung nachahmen, wenn zwei Kämme oder aus Pappe geschnittene Gitter hintereinander in ihrer Längsrichtung verschoben werden; zugleich findet man hier sehr leicht die Erklärung: jene »Schatten« sind nämlich nichts als zwei unmittelbar benachbarte Stäbe, die — weil der Zwischenraum zwischen ihnen verborgen bleibt — zu einer Einheit verschmelzen. Ruht nun das hintere Gitter und verfolgen wir einen Stab des vorderen während seines Herübergleitens, so sieht man ihn mit den einzelnen Stäben des ruhenden nacheinander in solche unmittelbare Nachbarschaft geraten: es entstehen also immer neue scheinbare Einheiten, die dann wieder auf Grund ihres gleichartigen Aussehens identifiziert werden.

Dabei tut es der Täuschung durchaus keinen Abbruch, daß der Schatten während eines Momentes »seiner« Bewegung gar nicht vor-

---

[1]) O. Fischer, a. a. O. S. 154 ff.

bewegter Gegenstand; nur ist seine Bewegung von der objektiven ganz unabhängig. Es scheint also, daß der Apparat zweier ganz und gar gegensätzlicher Leistungen fähig ist: er ruft Bewegungen ins Dasein, die vordem nicht vorhanden waren, Bewegungen aber, die objektiv gegeben sind, vernichtet er.

Im Prinzip war nunmehr eigentlich der moderne Kinematograph erfunden. Nur praktische Gründe veranlaßten noch wichtige Neuerungen, die an die Namen Horner, Anschütz und Edison geknüpft sind.

Horner[1]) machte die Anwendung des Spiegels überflüssig, indem er dem Apparate die bekannte zylindrische Gestalt gab: er wurde dadurch zum Erfinder des »Lebensrades« oder »Dädaleums«. Die Spalte, durch die beobachtet wird, bewegen sich hier in entgegengesetzter Richtung wie die gesehenen Bilder, was, wie wir noch erkennen werden, von einigem Vorteil ist — obzwar aus einem ganz anderen Grunde, als bisher angenommen wurde. Der Photograph Ottomar Anschütz in Lissa stellte die Momentphotographie in den Dienst des Apparates. Die Phasenbilder, die er benutzte, waren also die denkbar getreuesten Kopien einer natürlichen Bewegung. Zur stroboskopischen Exposition diente ihm entweder ein nur unwesentlich modifiziertes Dädaleum oder eine Vorrichtung, die es erlaubte, das Licht rasch sukzedierender elektrischer Funken als Beleuchtungsquelle zu benutzen: das Zweckmäßige dieser Methode wird aus späteren Erörterungen klar werden. — Beide Apparate sind dann unter dem Namen »Schnellseher« in den Handel gekommen. Die prinzipiell wichtigste Neuerung aber rührt von Edison her. Die Stampfersche Scheibe vermag, wie wir gesehen haben, objektive Bewegungen aufzuheben, und ganz dasselbe gilt natürlich auch vom Dädaleum. Edisons Apparate dagegen sind dazu nicht mehr imstande, sie dienen lediglich zur Herstellung subjektiver Bewegungseindrücke. Diesem einen Zwecke aber sind sie aufs vorzüglichste angepaßt.

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. XXXII, S. 650 ff. Die hier gegebene mathematische Deduktion der Wirkungsweise des Apparates ist empirisch unzulänglich: sie versagt an einigen für die Beurteilung späterer Versuche sehr wichtigen Punkten. Vgl. Abschn. VII, S. 47.

Der Kinematograph ist zunächst ein Projektionsapparat. Zwischen Beleuchtungslinse und Objektiv aber befindet sich — natürlich anfänglich aufgerollt — ein über 10 Meter langer Zelluloidstreifen, der aus einer zusammenhängenden Reihe von Phasenbildern besteht. Er wird indessen nicht einfach vorübergezogen, sondern steht jedesmal, wenn er sich gerade unmittelbar hinter dem Objektiv befindet, für einen Moment vollkommen still; erst nach der Exposition erfolgt die Weiterbewegung. Zugleich mit ihr tritt ein dunkler Schirm vor den Streifen, der den Vorgang der Auswechslung zu verdecken hat; unterdessen ist aber ein neues Bild in die Ruhelage gelangt, und das Spiel kann sich wiederholen.

Die Hauptsache ist, daß die Phasenbilder in objektiver Ruhe exponiert werden und nicht bewegt, wie bei den übrigen Apparaten[1]). Der Schaltmechanismus, der hierzu erforderlich ist, hat verschiedenartige Konstruktion, eine der einfachsten ist diese: Der Zelluloidstreifen ist am Rande mit Löchern versehen, er gleitet vertikal herab und läuft unten über eine Rolle oder vielmehr Welle, in der sich kleine Zahnräder befinden, die in jene Löcher eingreifen. Dadurch ist der Streifen in seiner Bewegung von der der Welle gerade so abhängig, wie ein Treibriemen von seinem Rade, nur noch viel genauer: jede Geschwindigkeitsänderung der Welle muß sich augenblicklich auf den Streifen übertragen. Es kommt nur darauf an, die Welle selber ruckweise rotieren zu lassen. Zu diesem Zwecke befindet sich seitlich auf der Wellenachse eine Art Zahnrad aufgesteckt, dessen Gestalt an einen fünfstrahligen Stern erinnert: die Strahlen verbreitern sich nach außen zu und sind an der Peripherie eingebuchtet, zeigen also dort eine konkave Randlinie. Über dem Sternrade rotiert schnell, aber gleichmäßig eine Scheibe, deren Fläche zu einem Teile die Form eines Halbkreises zeigt: die Krümmung dieses Halbkreises paßt gerade in die genannte Einbuchtung

[1]) So sonderbar es klingt, es ist dennoch wahr: diese gerade psychologisch so eminent wichtige Tatsache ist in der ganzen bisherigen psychologischen Literatur ignoriert worden, so daß Marbe allen Ernstes noch heute glaubt, der Stillstand der einzelnen Phasen sei gar keine Bedingung des stroboskopischen Sehens! Trotzdem »bespricht« dieser Autor in s. Abhandlung (Philos. Stud. Bd. XIV, S. 381) den Kinematographen: er scheint also der Meinung zu sein, er kenne dessen Einrichtung. Vgl. meine Bemerkungen zur Dürrschen Kritik meines Würzburger Vortrages im Archiv für d. ges. Ps. Bd. IX, S. 468 ff.

hinein, berührt sie aber nur so oberflächlich, daß sich an dieser Stelle keine Bewegung auf das Zahnrad übertragen kann. Solange also der Halbkreis vorübereilt, muß das Zahnrad und damit auch der Streifen still stehen. Nun bildet aber die rotierende Scheibe auf der anderen Seite — also dem Halbkreis gegenüber — einen Zahn oder eine Zacke, die in den freien Raum zwischen den Strahlen des Sternrades eingreift und es auf diese Weise weiter schiebt. Man sieht, daß Bewegung und Ruhepausen in derselben gleichmäßigen Weise abwechseln müssen, wie es erforderlich ist.

Das Kinematoskop, dessen Erfindung der des Kinematographen voranging, unterscheidet sich im Grunde nur durch das Fehlen der Projektionsvorrichtung von dem jüngeren Apparate.

Der äußerlich auffälligste, wenn auch gewiß nicht wichtigste Vorzug der Edisonschen Methode der Phasenexposition besteht nun in ihrer Fähigkeit, nichtperiodische Bewegungen darzustellen. Die zyklische Gestalt der älteren Apparate verlangt ja offenbar, daß die erste und die letzte Phase des dargestellten Vorgangs zusammenfallen, schließt also gerade die wichtigsten und verbreitetsten Bewegungen des wirklichen Lebens aus.

Es ist begreiflich, daß die Edisonschen Apparate allerlei Nachahmungen fanden: eine davon sei wegen ihrer überraschenden Einfachheit hier erwähnt: das kinetoskopische Buch[1]). Die Blätter eines kleinen aber starken Buches sind einseitig mit je einem Phasenbilde bedruckt. Das Buch wird rasch durchblättert, jedoch ohne dabei vollständig geöffnet zu werden: man streift an der Seite entlang, um schnell ein Blatt nach dem anderen herabfallen zu lassen. Dann wird jedes Bild nur in dem Moment gesehen, in dem es gerade unten angelangt ist: zugleich ist es dort in der Ruhelage und an derselben Stelle wie alle vorangehenden und folgenden: die Bedingungen zum Eintritt der Täuschung sind also erfüllt.

IV. Ältere Theorien und Versuche.

Von den vielfachen wissenschaftlichen Anwendungen der stroboskopischen Apparate[2]) braucht hier nicht die Rede zu sein: um so

[1]) Eine ähnliche Konstruktion zeigen im Prinzip die sogenannten Mutoskope.

[2]) Vgl. Fischer, a. a. O. S. 153 f. und Marbe, a. a. O. S. 381 ff.

mehr aber von den Theorien der Täuschung als solcher. Die erste von ihnen ist diejenige Stampfers selbst. Der Erfinder suchte seinen Apparat dadurch über das Niveau eines bloßen Spielzeugs zu erheben, daß er die im Handel befindlichen Scheiben mit einer wissenschaftlichen Beschreibung[1]) versah. Sie nahm Poggendorff[2]) zu seinem Ausgangspunkte, als er bald darauf in den Annalen über die neue Erfindung berichtete; doch versah er sie noch mit einer Reihe selbständiger Bemerkungen. Alles in allem ist diese Stampfer-Poggendorffsche Theorie sehr gründlich, und mancher Irrtum der späteren Literatur hätte vermieden werden können, wenn sie immer nach Gebühr berücksichtigt wäre. Der wichtigste Satz ist folgender: »Es ist klar, daß wir glauben werden, immer den nämlichen Gegenstand und zwar ruhend zu sehen, wenn auch derselbe durch einen anderen ihm völlig gleichen und genau an seine Stelle gebrachten ersetzt wird. Das wird durch die stroboskopischen Scheiben verwirklicht«.

Man sieht: hier sind zwei sehr wesentliche Momente hervorgehoben. Erstens, daß die scheinbare Aufhebung der objektiven Bewegung für die Wirkungsweise des Apparates ausschlaggebend ist (wir glauben den Gegenstand ruhend zu sehen). Zweitens, daß die Erscheinung eine Identifikationstäuschung ist (wir sehen gleichartige Gegenstände an derselben Stelle nacheinander).

Freilich darf man nicht denken, diese Faktoren seien schon ihrer prinzipiellen Bedeutung nach gewürdigt worden. Das ist durchaus nicht der Fall: die Nachbilder sind auch für Stampfer die Hauptsache, das eigentlich wesentliche, die conditio sine qua non der Erscheinung.

Ungenügend behandelt ist ferner die wichtige Frage nach dem Zustandekommen des subjektiven Bewegungsbildes. In gewissem Sinne ist das allerdings ein Vorzug: vielleicht hat Stampfer sich nur dadurch die Klarheit seiner Fragestellung bewahrt. Denn später wurde gerade das Interesse für dieses Bewegungsproblem so groß, daß man vergaß, daß doch auch und in erster Linie noch

---

[1]) Sie erschien später (1834) im XVIII. Bde. der Jahrbücher des polytechn. Institutes in Wien, S. 237 ff. und hat den Titel: »Die stroboskopischen Scheiben oder optischen Zauberscheiben, deren Theorie und wissenschaftliche Anwendung«.

[2]) Pogg. Ann. Bd. XXXII, S. 647.

andere Dinge zu erwägen waren. Und so ist denn bis heute die Frage nach der Entstehung des Bewegungseindrucks beständig mit der nach der Wirkungsweise der einzelnen stroboskopischen Apparate konfundiert worden. Zu welcher Höhe diese Konfusion steigen konnte, das zeigt am besten eine Abhandlung Strickers[1]), die aus diesem Grunde erwähnt sei; zudem ist sie die historisch nächste der Arbeiten, die überhaupt die psychologische Seite des Problems berühren. Stricker traut den Spalten oder Fenstern des Stroboskops eine einigermaßen mystische Fähigkeit zu. Sie sollen imstande sein, Augenbewegungen auszulösen und zwar nicht etwa, wie man denken wird, Augenbewegungen in der Richtung der Spaltrotation selber, sondern in der der scheinbar bewegten Objekte: die dabei entstehenden Muskelempfindungen sollen im Verein mit der Sinneswahrnehmung schließlich den Bewegungseindruck hervorbringen. Stricker fragt, warum die Täuschung ausbleibt, wenn der Bildstreifen ohne Spalten rotiert, und ist voll Verwunderung darüber; aber ein gründliches Studium der Stampferschen Schrift hätte ihn von dieser Verwunderung leichter und sicherer befreit als die Erfindung seiner sonderbaren Theorie.

Fischer[2]) hat Strickers Anschauungen einer ernsthaften Widerlegung gewürdigt — heute würde dazu der bloße Hinweis auf den Kinematographen genügt haben.

Wir wenden uns nun zu Fischers Arbeit selber. Sie will — zum ersten Male bewußt — die psychologischen Faktoren der Täuschung ergründen. Zu diesem Zwecke sucht der Autor zunächst einfache und leicht variierbare Versuchsbedingungen herzustellen. Als einfachster Apparat galt ihm die Stampfersche Scheibe; doch hat auch sie den Nachteil, daß sich die Bewegung der Spalte, die zur Beobachtung dienen, nicht unabhängig von der Bildbewegung variieren läßt. Deshalb zerlegte Fischer den Stampferschen Apparat in zwei Scheiben. Die eine von ihnen entsprach der vorderen, der Beobachtungsseite der Vorrichtung, sie trug nur die Spalte, die andere, die das Spiegelbild der Stampferschen Scheibe zu ersetzen hatte, zeigte die Bilder. Beide Scheiben befanden sich hintereinander, so daß ihre Achsen eine gerade Linie bildeten; in ihrer Bewegung

[1]) Stricker, Studien über die Bewegungsvorstellungen. Wien 1882, S. 28 ff.
[2]) Fischer, a. a. O. S. 151 ff.

aber waren sie völlig unabhängig voneinander. Versuche ergaben nun, daß bei entgegengesetzter Rotationsrichtung die Deutlichkeit der Bilder weit größer war als bei gleicher: das sprach zugunsten des Dädaleums. Mit einem solchen hat Fischer deshalb seine weiteren Forschungen angestellt. Auch hier waren die Bedingungen sehr einfach: die vorgeführten Bilder waren Phasen eines einzigen auf- und abschwingenden Punktes.

Die erste Versuchsreihe hatte zum Ziele, dasjenige größte Zeitintervall in der Aufeinanderfolge der Phasenbilder zu bestimmen, bei dem der stroboskopische Effekt — also die Schwingbewegung — gerade anfängt. Man wird erwarten, daß diese »Zeitgrenze« zusammenfällt mit dem größten Intervall, bei dem die Täuschung überhaupt möglich ist. Das Experiment beweist das Gegenteil. Vergrößert man — vom vollkommen erreichten Effekt ausgehend — die konstanten Intervalle mehr und mehr, so zeigt sich stets, daß dasjenige, welches unmittelbar vor dem Verschwinden des Bewegungseindrucks liegt, einen größeren Wert hat, als die auf dem umgekehrten Wege bestimmte Zeitgrenze. Oder in Fischers Ausdrucksweise: wir haben zwischen einer oberen und einer unteren Zeitgrenze zu unterscheiden. Man sieht: es besteht die Tendenz, die einmal vollzogene Vorstellung festzuhalten, was einigermaßen für die psychologische Natur der Erscheinung spricht.

Zweitens: eine einfache Blendvorrichtung ermöglichte es, die Zahl der nebeneinander sichtbaren Punkte beliebig zu beschränken. Dabei ergab sich folgendes: je weniger Punkte zu sehen waren, um so leichter trat die Täuschung ein; das heißt also: das kritische Intervall oder die Zeitgrenze wurde entsprechend größer. Derselbe Erfolg wurde aber auch dann erreicht, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit gesteigert und dadurch zugleich die Dauer des Phaseneindrucks verkürzt wurde.

Wie ein größtes, so gibt es auch ein kleinstes kritisches Zeitintervall. Die Dauer der Intervalle wurde beständig verkürzt: schließlich trat ein Punkt ein, bei dem die Erscheinung wiederum gestört wurde. Jetzt war nämlich das Nachbild der vorangegangenen Phase noch während der Wirkung des neuen Eindrucks in voller Wahrnehmungsfrische sichtbar: statt eines Punktes erschienen also deren zwei. — Dies war das Ergebnis einer dritten Versuchsreihe.

Eine vierte solche Reihe suchte festzustellen, um wieviel die Distanz der gegebenen Punkte vergrößert werden konnte, ohne daß eine wesentliche Störung eintrat.

Endlich stellte Fischer auch noch Versuche über die Aufgabe der Spaltbewegung bei den stroboskopischen Erscheinungen an. Er kam zu dem eigenartigen Resultate, daß bei besonders günstigen Versuchsbedingungen ein einziger ruhender Spalt zur Erzeugung der Täuschung genüge.

Der Autor faßt seine Ergebnisse in folgenden Satz zusammen: »Um die Bewegung eines Gegenstandes künstlich nachzuahmen, ist notwendig und hinreichend, daß man in kurzer Aufeinanderfolge von verschiedenen, nahezu in gleichen, nicht zu großen Abständen liegenden Phasen der Bewegung desselben kurze Lichteindrücke bekommt, und daß das Auge in der Zwischenzeit durch keine anderen Lichtreize affiziert wird«.

Ohne die Fischerschen Untersuchungen zu kennen, hat später Grützner[1]) stroboskopische Versuche angestellt. Sie betrafen aber in der Hauptsache physiologische Probleme; nur ein Experiment wird von Grützner selbst ausdrücklich als psychologisches bezeichnet. Es handelte sich um die Bildphasen »bockspringender« Knaben. Wird hier die anscheinend wichtigste Phase, die den springenden Knaben gerade über dem anderen zeigt, mit weißem Papier überklebt, so tritt eine auffallend geringe Änderung ein: der Knabe springt auch jetzt noch. »Man schwört darauf, zu sehen — sagt Grützner — wie der eine über den andern hinüberfliegt. Man sieht ihn aufs deutlichste hinüberfliegen[2])«.

Eine weitere Untersuchung über die stroboskopischen Erscheinungen ist in einer Arbeit Marbes[3]) niedergelegt. Für ihn lassen sich diese Erscheinungen fast restlos auf die Verschmelzung »sukzessiv-periodischer Netzhautreize« und damit auf das Talbotsche Gesetz reduzieren[4]). Den Nachweis erbringt er auf deduktivem Wege[5]).

---

[1]) Pflügers Archiv Bd. LV (1893/94) S. 508 ff.

[2]) a. a. O. S. 519.

[3]) K. Marbe, Die stroboskopischen Erscheinungen, Philos. Studien, Bd. XIV S. 376 ff.

[4]) a. a. O. S. 386.

[5]) a. a. O. S. 396 ff.

Er entwickelt die Tatsachen des Talbotschen Gesetzes und gibt ihnen eine eingehende theoretische Begründung[1]). Sodann zeigt er, daß die bisher untersuchten Gesetzmäßigkeiten der Stroboskopie — insbesondere die Fischerschen Resultate — sich unmittelbar aus der vorgetragenen Theorie ergeben[2]). Fischer hatte — wie bekannt — festgestellt, daß für den Eintritt des stroboskopischen Effekts ein gewisses maximales Intervall nicht überschritten werden darf. Dieses Intervall deutet Marbe als Verschmelzungsgrenze, d. h. als die größte Zeit, die zwischen zwei Bildreizen verfließen darf, damit sie gerade noch verschmelzen. Wenn diese Deutung richtig ist, dann ist Fischers Ergebnis natürlicherweise eine Folge des Talbotschen Gesetzes.

Ebenso klar ist, daß die erwähnte Störung des strobosopischen Effektes, die Aufeinanderlagerung der sukzedierenden Phasen — also in Fischers Falle die Erscheinung der zwei Punkte übereinander — ganz gewiß eine Verschmelzungserscheinung[3]) ist und sich also in derselben Weise begründen läßt.

Mit Recht bestreitet Marbe Fischers Behauptung, es dürfe zwischen den einzelnen Phasenbildern kein Licht auf das Auge fallen[4]). Man überzeugt sich vielmehr leicht, daß die Erscheinung auch dann noch zustande kommt, wenn dies nicht der Fall ist, wenn also z. B. die Außenwand des Dädaleums hell gefärbt ist; allerdings ist es für die Deutlichkeit der Bilder von Vorteil, wenn die Intensität des Zwischenlichtes möglichst gering ist: aber auch das »Dunkel«, das die Spalten trennt, wird schließlich mehr oder minder als Lichtreiz zu betrachten sein. Berücksichtigt man dies, so läßt sich nach Marbe auch Fischers Gesetz über die kritische Dauer des Netzhauteindrucks aus der Theorie des Talbotschen Gesetzes ableiten[5]). Denn nach Marbe (wie auch nach anderen Forschern) begünstigt die Vergrößerung des Unterschiedes der Reizdauern die Entstehung einer konstanten Empfindung. Die Verkürzung des Phaseneindrucks

---

[1]) a. a. O. S. 386 ff. Vgl. auch d. dort zitierten früheren Arbeiten desselben Autors, ferner s. spätere Veröffentlichung in Pflügers Archiv 97 (1903), S. 335 ff., sowie W. Wirths Bemerkungen hierzu im Archiv für Psych. Bd. V, S. 77 ff. u. 99 ff.

[2]) a. a. O. S. 396 ff.

[3]) Nämlich einer Verschmelzungserscheinung in Marbes Sinne, vgl. d. Anm. S. 11.

[4]) a. a. O. S. 385.

[5]) a. a. O. S. 397.

ist aber eine solche Unterschiedsvergrößerung, sobald man nur das konstante Intervall, während dessen der Mantel des Dädaleums am Auge vorübereilt, ebenfalls als Reiz rechnet.

Auch hierfür ist Voraussetzung, daß das Eintreten des stroboskopischen Effektes mit demjenigen der Verschmelzung zusammenfällt: welche Voraussetzung allerdings für Marbe selbstverständlich zu sein scheint, so selbstverständlich, daß es bisweilen aussieht, als seien ihm überhaupt Verschmelzungsphänomene dieser Art und stroboskopische Erscheinungen vertauschbare Begriffe.

Freilich: Marbe grenzt dann wieder die Erscheinungen ab, die den Eindruck bewegter Objekte hervorrufen[1]). Für diese kommt seiner Meinung nach neben dem Talbotschen Gesetz noch ein zentraler Faktor in Betracht: in ihm wird man den eigentlichen Erzeuger des subjektiven Bewegungsbildes vermuten, die positive Ursache dieses merkwürdigen Eindruckes — das ist indes nicht Marbes Meinung, seine Annahme ist — wenigstens für den ersten Anschein — viel einfacher.

Zunächst definieren sich »Phasen« als die höchstens eben merklich verschiedenen Stadien eines bewegten Objektes. Bei der gewöhnlichen Bewegung nun sehen wir eben diese Phasen, bei der stroboskopisch bedingten dagegen nicht mehr: hier beweisen schon Fischers Experimente[2]), daß durchaus nicht alle so definierten Phasen zugegen zu sein brauchen; stroboskopisch sehen heißt also mit Phasenausfall sehen oder in Marbes Worten[3]): »Wenn wir Bewegungen stroboskopisch darstellen, so dürfen mehrere Bewegungsphasen ausfallen, ohne daß wir es bemerken«. Nun wiederholte Marbe Fischers Experiment mit den schwingenden Punkten. Vorher aber zog er eine Linie mitten durch den Streifen, dessen Rande parallel: sie trennte also die Punkte in zwei Gruppen. Wurde nun aufmerksam beobachtet, so sah man folgendes: der Punkt erscheint niemals unmittelbar auf der Linie, niemals durchschneidet er sie oder eilt über sie hinweg, wie er doch müßte, wenn seine Bewegung vollkommen der natürlichen entspräche. Weil also — schließt Marbe — die aufmerksame Beobachtung genügt, um das kineto-

---

[1]) a. a. O. S. 398 ff.

[2]) Marbe, a. a. O. S. 399.

[3]) a. a. O. S. 399.

skopische Phänomen aufzuheben, so muß es der Mangel an Aufmerksamkeit sein, der seinerseits diese Erscheinung hervorbringt, mit anderen Worten: rein zentrale Ursachen bewirken das Unbemerktbleiben der ausgefallenen Phasen und damit die Bewegungstäuschung überhaupt[1]).

Diese Anschauung wird Marbe indes heute schwerlich noch als die seine gelten lassen. Zwei Jahre nach der Veröffentlichung der eben zitierten Abhandlung erschien eine Arbeit von Ernst Dürr[2]), die ebenfalls die stroboskopischen Erscheinungen zu ihrem Gegenstande hatte: sie schließt eng an Marbes Ausführungen an und bewegt sich so sehr in dessen Gedankengängen, daß man ihre Ergebnisse mit einigem Recht zugleich als Resultate Marbescher Forschungen ansehen kann, um so mehr als dieser Autor bei den Dürrschen Experimenten als Beobachter fungierte.

Die ersten Versuche Dürrs beziehen sich auf Marbes Theorie des Talbotschen Gesetzes, sind also für unser Problem bedeutungslos; die darauffolgenden aber bilden eine unmittelbare Fortsetzung derjenigen Grützners. Dürr sucht das Problem des Phasenausfalls zu behandeln: die Beobachtung wurde mit dem Anschützischen Schnellseher vorgenommen und ein Dädaleumstreifen, der bockspringende Turner darstellte, zugrunde gelegt[3]). Durch Verdecken einer immer größeren Anzahl von Phasen wurde ermittelt, wie viele von ihnen auf solche Weise ausfallen durften ohne den Eindruck der Bewegung zu beeinträchtigen.

Da außerdem noch die Geschwindigkeit in Betracht gezogen wurde, ergaben sich zwei Wege, die auch beide eingeschlagen wurden: zu einer gegebenen Geschwindigkeit konnte die Anzahl der Phasen gesucht werden, die gerade noch ausfallen durfte, oder umgekehrt: die Zahl der verdeckten Phasen war gegeben, und die Geschwindigkeit wurde gesucht, bei der die Unterbrechung gerade wahrgenommen wurde. Das Ergebnis war dieses: es konnte eine ziemlich große Anzahl von Phasen verdeckt sein, ohne daß die vor-

---

[1]) a. a. O. S. 400.

[2]) E. Dürr, Über die stroboskopischen Erscheinungen. Philos. Studien, Bd. XV, S. 501 ff.

[3]) a. a. O. S. 510 ff. Einige solche Versuche hat übrigens bereits Marbe selbst angestellt.

handene Unterbrechung bemerkt wurde, nur mußte diese von genügend kurzer Dauer sein. Vor allem aber war stets Bedingung, daß die Augen der dargestellten Bewegung folgten: bei Fixation eines festbleibenden Punktes hingegen wurde der Ausfall bemerkt, und zwar immer und ohne weiteres.

Die Erklärung ist sehr einfach: wenn das Auge den bewegten Gegenstand verfolgt, so müssen notwendigerweise dessen einzelne Phasen stets auf (annähernd) dieselbe Netzhautstelle gelangen, und der leere Fleck, der der verdeckten Phase entspricht, fällt auf ebendiese Stelle; er wird daher mehr oder minder durch das Nachbild der vorhergehenden Phase ausgefüllt und also nicht als Lücke bemerkt werden. Davon ist bei Fixation keine Rede mehr: hier sind es getrennte Partien der Retina, die unmittelbar hintereinander beleuchtet werden, die Lücken erscheinen daher als das, was sie sind: der Ausfall wird bemerkt.

Man sieht, an die Stelle von Marbes Aufmerksamkeitsrichtung ist nunmehr ein peripherer Prozeß getreten: die Fixation[1]).

Aus alledem schließt Dürr, daß die stroboskopischen Erscheinungen nur peripherer Natur sind: sie lassen sich restlos aus dem Talbotschen Gesetz und der Tatsache erklären, daß wir bewegte Gegenstände mit den Augen zu verfolgen pflegen. — Auf die Versuche Dürrs und seiner unmittelbaren Vorgänger wird später noch vielfach zurückzukommen sein.

V. Orientierende Untersuchungen.

Als ich meine eigenen Versuche im Leipziger Laboratorium begann, war dieses meine Problemstellung:

Nachbild- oder Verschmelzungserscheinungen treten allerdings bei stroboskopischen Versuchen auf und sogar in sehr interessanten Modifikationen: die Frage nach ihren besonderen Gesetzmäßigkeiten hat gewiß ihren guten Sinn; meine Frage aber durfte sie nicht sein, sondern die war allein, ob und inwieweit jene Tatsachen zur Erklärung der Täuschung genügen, und vor allem, ob sie überhaupt die Erklärung liefern.

Dazu war zunächst nötig, zwischen den verschiedenen verwend-

[1]) a. a. O, S. 516 ff.

baren Apparaten eine Auswahl zu treffen. Der Kinematograph ist der spezifischen Täuschung am besten angepaßt und daher in gewissem Sinne sogar der einfachste Apparat; nur ist freilich seine experimentelle Handhabung sehr schwierig, zudem schien es mir dringend geboten, einen möglichst unmittelbaren Anschluß an frühere Versuchsergebnisse zu gewinnen: die aber waren durchweg mit Hilfe anderer Apparate gefunden. Es empfahl sich also das gewöhnliche Stroboskop; und zwar benutzte ich zunächst denselben Apparat, mit dem seinerzeit schon Fischer gearbeitet hatte: ein dreizehnfenstriges Dädaleum. Sein Zylinder wurde durch einen Schnurlauf mit einem Elektromotor in Verbindung gesetzt: die Dauer der Umdrehungen und damit natürlich auch die Zeit der Intervalle konnte sehr leicht mittels einer Fünftelsekundenuhr festgestellt werden; doch habe ich messende Versuche in der erforderlichen Anzahl erst später angestellt, als mir ein anderer, sehr exakt gearbeiteter Apparat zur Verfügung stand. Für jetzt war mein Ziel nur, eine möglichst anschauliche Vorstellung von der Art und Weise des Eintritts der Täuschung zu gewinnen. Denn Fischers zahlenmäßige Angaben über den Moment des Übergangs der stroboskopischen Erscheinung in eine andere, nicht mehr stroboskopische fordern ganz unmittelbar zu der Frage auf, ob dieser Übergang sich plötzlich vollzieht oder etwa durch andere Vorgänge eingeleitet oder vorbereitet wird. Man kennt die »Flimmererscheinungen«, die bei rotierenden Scheiben der völligen Verschmelzung vorausgehen: sie sind solche einleitenden Vorgänge, die zwischen der Mehrheit der ungemischten Reize und dem schließlich resultierenden Einheitsreiz vermitteln, so daß von einem direkten Übergang der einen Erscheinung in die andere nicht die Rede sein kann. Findet bei unserer Täuschung etwas ähnliches statt? Dabei muß zunächst klar sein, zwischen welchen Vorgängen denn hier überhaupt vermittelt werden kann, d. h. welcher Art jene nichtstroboskopische Erscheinung ist, in die die Täuschung durch fortgesetzte Verminderung der Rotationsgeschwindigkeit schließlich übergeht. Das Experiment entscheidet ohne weiteres: sie ist identisch mit derjenigen, die unter sonst gleichen Umständen bei Wegfall der oberen Hälfte des Dädaleums entstehen würde, d. h. man sieht die einzelnen Phasenbilder in ihrer objektiven Bewegung, sie kommen von der einen Seite und verschwinden dann wieder nach

der anderen, die Gegenstände, die neu ins Gesichtsfeld eintreten, sind immer andere und andere: kurz, die Wahrnehmung ist so deutlich wie möglich vom stroboskopischen Eindruck verschieden. Daher wird man von vornherein erwarten, daß Vermittlungserscheinungen im angedeuteten Sinne fehlen müssen, und das Experiment bestätigt dies durchaus: der neue Eindruck ist sofort toto genere vom vorangehenden verschieden, was auch dann noch gilt, wenn nicht Phasen, sondern vollkommen gleichartige Bilder — ich wählte kleine schwarze Kreise in genau derselben Höhenlage — exponiert werden: die Erscheinung der seitlich kommenden und gehenden Kreise verwandelt sich plötzlich und unvermittelt in den eines einzigen und völlig ruhenden.

Zugleich war hierbei noch eine andere Erscheinung sehr gut zu beobachten, die ebenfalls von Fischer noch nicht erwähnt ist. Die Kreise wurden, sobald der Effekt eingetreten war, keineswegs immer als Kreise gesehen, sondern eigentlich nur dann, wenn sich das Auge dicht vor dem Apparat befand, je weiter man sich entfernte, um so mehr erschienen sie seitlich zusammengedrückt, so daß sie bei etwa 2 m Distanz mit zwingender Deutlichkeit als Ellipsen gekennzeichnet waren. Doch auch, wenn die Entfernung viel kleiner ist, kann etwas ähnliches eintreten. Ist der stroboskopische Effekt noch nicht vorhanden und steigert man die Rotationsgeschwindigkeit, so zeigt sich unmittelbar vor Beginn der eigentlichen Täuschung bisweilen — also durchaus nicht regelmäßig — ebenfalls eine starke seitliche Pressung des Kreises, doch ohne daß seine Eigenbewegung dabei verloren geht.

In all diesen Eigentümlichkeiten tritt jedenfalls klar hervor, daß die zur Bildbewegung hinzutretende Bewegung der Spalte von einiger Wichtigkeit ist. Das läßt sich auf umgekehrtem Wege noch deutlicher erkennen. Bewegte Gegenstände pflegen wir mit den Augen zu verfolgen und es ist bekannt, daß ihre Bewegung dadurch scheinbar verlangsamt wird[1]). Daher kommt es, daß vor dem Eintritt des Effektes die an und für sich schon sehr langsame Spaltbewegung für unser Bewußtsein ganz zurücktritt; gerade das umgekehrte aber muß

[1]) Stern, Die Wahrnehmg. von Bewegungen verm. des Auges § 8 S. 325, vgl. auch Wundt, Phys. Psych. 5. Aufl. Bd. II, S. 579, sowie die dort erwähnten Arbeiten von Fleischls und Auberts.

für die Bilder gelten, da ihre Bewegung entgegengesetzt gerichtet ist. Also: bei annähernd ruhendem Spalte und relativ rascher Bewegung der Objekte besteht kein stroboskopischer Effekt. Mithin ist die Bewegung der Spalte von prinzipieller Wichtigkeit für die gesamte Täuschung.

Auch davon hat Fischer nichts berichtet; ja noch mehr: er will — wie schon erwähnt — durch das Experiment bewiesen haben, daß stroboskopische Erscheinungen bei ruhenden Spalten möglich sind. Damit hat es nun folgende Bewandtnis. Fischer hatte mit voller Klarheit erkannt, daß vor und nach der Exposition jedes Phasenbildes keine störenden Reize einwirken dürfen. Als solche Reize aber galten ihm in erster Linie die weißen Felder des Streifens, welche die einzelnen dort aufgetragenen Bilder voneinander trennen. Daher ist es — so schließt er weiter — die Aufgabe der spaltfreien Flächen des Dädaleummantels, diese Reize zu überdecken, weshalb auch der Mantel stetz schwarz oder doch möglichst dunkel gefärbt ist. Die Spalten haben also lediglich die Bilder selbst der Beobachtung frei zu geben und zu isolieren.

In dieser Deduktion ist aber schon der Ausgangspunkt nicht unanfechtbar. Es ist ja richtig: »in jedem Zeitintervall zwischen zwei auftretenden Phasenbildern« dürfen allerdings keine störenden Reize einwirken. Dabei ist jedoch vorauszusetzen, daß hier der Begriff des Auftretens von Phasenbildern seinen wohldefinierten Sinn hat — und das braucht freilich nicht ohne weiteres der Fall zu sein. Diese Bilder schieben sich ja von der Seite in den Spaltausschnitt hinein und ebenso wieder aus ihm heraus, ohne in ihrer Bewegung inne zu halten. Der Moment also, in dem sich eines der Bilder gerade seiner ganzen Ausdehnung nach vor uns befindet, ist — an sich genommen — all den unmittelbar vorangehenden und nachfolgenden Zeitpunkten, in denen es noch nicht völlig, nicht mehr völlig oder doch an anderer Stelle sichtbar ist, vollkommen gleichwertig. Für die Exposition oder das Auftreten jedes Phasenbildes kann aber offenbar nur einer dieser verschiedenen Momente in Frage kommen, alle anderen wirken lediglich störend und zwar ohne Zweifel in viel höherem Grade als die homogenen Flächenstücken zwischen den Bildern.

Sollen also störende Zwischenreize vermieden sein, so gilt es vor allem, einen bestimmten Moment der Exposition hervorzuheben,

d. h. es muß die beständige Lageveränderung der Bilder verborgen werden: und das eben leistet in Wahrheit die Spaltbewegung — wie sich bald des genaueren zeigen wird.

Fischers eigenes Ergebnis aber ist nichts als eine sonderbare Selbsttäuschung und wohl nur dadurch ermöglicht, daß dem Experimentator keine weiteren Beobachter zur Verfügung standen.

Der Versuch selber war dieser: Um den seiner Meinung nach so besonders schädlichen weißen Zwischenraum zu vermeiden, wählte Fischer eine schwarze Scheibe, auf der wiederum die Phasenbilder eines auf- und abschwingenden — nunmehr natürlich weißen — Punktes aufgetragen waren. Die Scheibe rotierte dicht hinter einem ruhenden, mit einem vertikalen Spalte versehenen Pappschirm. Wurde nun beobachtet, so sah man — heißt es wörtlich — »einen sich auf- und abbewegenden weißen Punkt; daß derselbe etwas lichtschwach war, rührte offenbar daher, daß man den ruhenden Spalt ziemlich nahe an die Bildscheibe bringen mußte, damit man nicht einen viel breiteren Raum von letzterer sah, als der Durchmesser eines solchen weißen Punktes betrug (sonst würde natürlich der Punkt verzerrt erscheinen müssen); dadurch wurde aber der Bildscheibe nicht soviel Licht zugeführt, als zum klaren Erkennen nötig ist«.

Zutreffend ist hiervon nur das Selbstverständliche, daß sich das gerade überschaute Flächenstück mit der Entfernung vom Spalt vergrößert: das folgt aus einfachen optischen Gesetzen. Welches Gesetz aber schreibt vor, daß der gesehene Gegenstand bei solcher Entfernung verzerrt erscheinen muß? Wieso ist das natürlich? Und vor allem: wie kommt es, daß jene Nähe von Spalt und Bild nicht auch beim eigentlichen Stroboskop dieselbe wichtige Rolle spielt? Als ich meinerseits den Versuch wiederholte, fand ich nun folgende überaus einfache Erklärung.

Es war allerdings ein auf- und abschwingendes Objekt zu sehen: nur war es nicht bloß lichtschwach, sondern im höchsten Grade verschwommen und undeutlich. Und das hatte eine recht naheliegende Ursache. Wenn man eine Scheibe — ganz gleichgültig von welcher Farbe — in der Weise Fischers mit Punkten versieht, so müssen diese bei genügend rascher Rotation zu einem Kontinuum verschmelzen: man wird also statt der einzelnen Bilder eine Kurve erblicken, deren Gestalt annähernd der Verbindungslinie der einzelnen Punkte entspricht.

Diese Kurve sieht man vollständig, wenn man die Scheibe in gewöhnlicher Weise betrachtet, bringt man aber den Spalt davor, so wird natürlich ein entsprechendes Stück herausgeschnitten, und dies wird um so kleiner sein, je näher sich der Spalt an den Bildern befindet. Ist die Spaltbreite und der Durchmesser des »Punktes« gleich groß, so wird der Ausschnitt bei 'größtmöglichster Nähe (ziemlich) ebenso groß sein, als der wirkliche Punkt, und es kann in der Tat der Anschein entstehen, als bewege sich der Punkt selber dort auf und nieder. Man begreift die Lichtschwäche der Erscheinung, man begreift aber auch den wahren Grund, aus dem die beiden Teile sich so nahe wie möglich sein müssen; es hätte ja sonst eben der Ausschnitt nichts ergeben, das mit einem Punkte irgend konnte verwechselt werden, oder wenn man einen solchen durchaus in die Erscheinung hineinsehen will, so wäre er zum mindesten doch sehr verzerrt erschienen, ganz wie es Fischer beobachtet hatte.

Daß aber der Vorgang nicht stroboskopischer Natur ist, ließ sich ebenfalls experimentell sehr leicht zeigen. Ich ersetzte die Phasen des schwingenden Punktes durch solche, die im Stroboskop die Erscheinung eines rotierenden Rades hervorriefen: es war nicht die Spur von solcher Rotation zu bemerken, man sah das Kommen und Gehen der einzelnen Phasen bei langsamer, und ihre Verschmelzung zu einem verschwommenen Streifen bei genügend rascher objektiver Bewegung.

Noch bliebe schließlich ein theoretischer Einwand. Wenn ein Objekt hinter einem ruhenden und genügend engen Spalt mit großer Geschwindigkeit vorübereilt, so sehen wir diese Bewegung ohne Zweifel momentan. Eine momentan gesehene Bewegung erscheint aber stets als Ruhe, wie die Beleuchtung durch den elektrischen Funken am besten beweist: also konnte Fischer recht wohl auch auf diesem Wege eine subjektive Aufhebung der Bewegung des Punktes bewirken, d. h. den Eindruck der Ruhe erzeugen. Das wäre indessen nur ein Spiel mit dem Wort »momentan«. Denn nicht allein auf die momentane Sichtbarkeit kommt es an, sondern vor allem auch darauf, daß während des fraglichen Momentes keine Ortsveränderung bemerkt wird. Es gibt aber gar kein besseres Mittel, Ortsveränderung sichtbar zu machen, als eben den ruhenden Spalt, der eine Stelle im Raum fixiert. Mag er auch noch so eng sein und der Moment des Vorübergleitens auch noch so kurz: soweit wir das

Objekt überhaupt deutlich sehen, soweit sehen wir auch seine Verschiebung, also zum mindesten eine Bewegung um die Breite des Spaltes. Mit solcher Verschiebung können sich auch hier gelegentlich Verzerrungserscheinungen verbinden, die denen bei langsamer Bewegung sehr ähneln: aber gerade in dieser Form sind sie nichts neues, sie decken sich völlig mit denen der Zöllnerschen[1]) Täuschung. Zöllner stellte folgenden Versuch an: auf eine Papptafel war eine beliebige Figur gezeichnet, z. B. ein Kreis. Wurde nun der Spalt einer anderen Tafel unmittelbar über den Kreis gelegt und — bei ruhendem Spalte — die Bildtafel rasch hin und her bewegt, so erschien das Objekt verzerrt und zwar seitlich zusammengepreßt: der Kreis also als Ellipse. Die Erscheinung erinnert ihrerseits wieder an die sogenannten anorthoskopischen Täuschungen, bei denen ganz ähnliche Verzerrungen auftreten, obwohl hier Bild und Spalt gleichzeitig bewegt sind. Gerade diese Phänomene müssen uns noch ausführlich beschäftigen: denn die Bewegung von Spalt und Bild ist auch für die Stroboskopie von Bedeutung — und doch muß es sich hier noch um prinzipiell andere Dinge handeln, denn die Verzerrungen, die das Wesen der anorthoskopischen Erscheinungen bilden, sind ja offenbar für das Stroboskop gerade das störende Element.

VI. Ein Spalt und ein Bild allein. Beziehungen zum Anorthoskop.

Ich beschloß deshalb einen Apparat zu konstruieren, durch den ich all diese Verhältnisse in einfachster Weise überschauen konnte. Dazu benutzte ich zunächst die Hauptteile eines Tachistoskops: d. h. einen wieder mit einem Spalt versehenen Schirm, der an vertikal stehenden Schienen auf- und niederlief. Hinter ihm befand sich aber keine feste Wand wie beim gewöhnlichen Tachistoskop, sondern eine Einrichtung, welche die Bewegung des Objektes ermöglichte: seitlich vom Schirme, in einem Abstande von etwa 25 cm war ein Stativ aufgestellt; an ihm wurde ein langer Holzstab so befestigt, daß er einen Hebel bildete, dessen kürzerer Arm sich hinter dem Schirme auf- und abbewegte. Dort war dann leicht ein Objekt an ihm an-

[1]) Zöllner: Pogg. Annalen Bd. 117 (1862): Über eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder.

zubringen, das durch Herabgleiten des Spaltschirmes momentan sichtbar gemacht werden konnte. Endlich war vor dem ganzen Apparate noch eine Pappwand aufgerichtet, die die objektive Bewegung seiner einzelnen Teile verdecken sollte und nur die Stelle, an der jeweils das Objekt auftrat, dem Beobachter frei ließ.

Der Spalt war 5 mm breit, sein Abstand vom Objekt betrug 20 cm, beide Werte aber konnten beliebig verändert werden. Die Entfernung des Beschauers von der Spaltscheibe belief sich auf etwa 35 cm: sie genügte, um das durch eine elektrische Glühlampe hell erleuchtete Objekt deutlich erkennen zu lassen. Die Beobachtung erfolgte monokular und — der Fixation wegen — durch ein astronomisches, schwach vergrößerndes Fernrohr. Ferner bedürfen noch zwei Elektromagnete der Erwähnung, von denen der eine über dem Hebelarm angebracht war. Sie hatten die Aufgabe, die beiden Gegenstände vor ihrer Bewegung festzuhalten und so, bei Unterbrechung des Stromes, einen gleichmäßigen Beginn des ganzen Vorganges zu ermöglichen.

Die Spaltscheibe selber war mit einer Schnur verbunden, die über ein Rad lief, das sich oben auf einer der Schienen befand; sie ermöglichte es, die Geschwindigkeit der Spaltscheibe zu variieren. Dasselbe wurde bei der Hebelstange durch Laufgewichte erreicht. Trotzdem war der Apparat nicht exakt genug, um genaue Geschwindigkeitsmessungen zu gestatten; doch kam es mir auch darauf zunächst noch nicht an. Dagegen vermochte ich jetzt in sehr bequemer Weise folgende drei Gruppen von Versuchen anzustellen und innerhalb gewisser Grenzen auch zu modifizieren.

Zunächst war es möglich, bei ruhendem Bilde den Spalt zu bewegen — das war offenbar der einfachste Versuch, der am wenigsten Überraschungen versprach.

Sodann konnte außerdem noch das Bild bewegt werden: waren hier die beiden Bewegungen entgegengesetzt, so mußte die Erscheinung aufs deutlichste an die des Anorthoskops erinnern, und ebenso unverkennbar war die Ähnlichkeit mit der Versuchsanordnung des Dädaleums. Bei gleichgerichteter Bewegung dagegen ergab sich in gewissem Sinne die einfachste Form der Stampferschen Scheibe.

Endlich konnte noch bei ruhendem Spalte das Bild bewegt werden: das war der Zöllnersche Versuch. Als Objekt diente

ein kleiner weißer Kreis auf schwarzem Grunde, von 2 cm Durchmesser.

Die Geschwindigkeit der Spaltscheibe war eine konstante und zwar wurde sie so gewählt, daß bei Exposition des ruhenden Objektes nicht nur dieses, sondern auch seine gesamte Unterlage — ein schwarzer Pappstreifen von 8 cm Breite und 12 cm Höhe vollkommen simultan zu sehen war.

Daß bei den Versuchen mit ruhendem Objekt keine Bewegung gesehen wurde, ist ohne weiteres verständlich, und wir haben von dieser Tatsache bereits früher zur Erklärung anderer Phänomene[1]) Gebrauch gemacht. Es scheint nun, daß in diesem Falle auch keine Gestaltverzerrungen auftreten können; sonderbarer Weise war dies aber bei einigen Beobachtern doch der Fall, freilich nur bisweilen und auch bloß dann, wenn einmal ausnahmsweise ohne Fernrohr beobachtet wurde. Auf diese Täuschung wird noch zurückzukommen sein.

Die größte Wichtigkeit haben natürlich die Versuche, in denen sowohl Spalt wie Bild in Bewegung waren. Ich ging dabei von einer sehr geringen Geschwindigkeit aus, steigerte sie dann aber immer mehr und schließlich soweit, daß zuletzt die der Spaltscheibe noch übertroffen wurde. Unter den Beobachtern fand sich eine große Übereinstimmung. Das Bild wurde nämlich in allen Fällen trotz seiner objektiven Bewegung ruhend gesehen. Zugleich traten regelmäßig sehr bemerkbare Verzerrungserscheinungen auf: sie zeigten sich am geringsten, wenn die Bewegung sehr langsam war, wie sich leicht begreifen läßt: in diesem Falle ähnelten eben die Bedingungen am meisten denen bei tatsächlich ruhendem Objekte. Bei entgegengesetzt gerichteter Bewegung ergab sich regelmäßig eine Zusammenpressung, bei gleichgerichteter eine Auseinanderzerrung der Figur — beides natürlich in der Richtung der Bewegung. Immer also erschien eine Art Ellipse, nur stand deren große Achse in einem Falle horizontal, im anderen vertikal.

Die Pressungserscheinungen waren einfach die des schon mehrfach erwähnten Plateauschen Anorthoskops: nur wird bei diesem Apparate das Bild meist auseinandergezerrt aufgezeichnet und dann

---

[1]) Vgl. S. 11 oben.

durch gegengleiche Bewegung von Objekt- und Spaltstreifen in seine normale Gestalt zurückverwandelt. Diese Verwandlung erfolgt — simultanes Sehen, also deutliche Nachbildwirkung vorausgesetzt — stets in derselben Weise, lediglich auf Grund mathematischer Beziehungen; und man sieht leicht, daß die betreffenden Gesetze auch für den Fall der gleichgerichteten Bewegung gelten müssen.

Offenbar genügt es zum allgemeinen Verständnis des Vorganges, wenn wir nur d i e Strecke finden, um die der Durchmesser unseres Kreises verkürzt oder verlängert erscheint. Diese Verschiebungsgröße wird einfach dem Wege gleichkommen, den das zuletzt exponierte Ende des Durchmessers vom ersten Momente der Sichtbarkeit des Kreises zurücklegt, bis es mit dem Spalte, den wir uns als Linie denken wollen, zusammentrifft. Nennen wir diese Größe x und den Durchmesser d, so muß der Weg, den der Spalt selbst bis zum Treffpunkt zurücklegt $= d + x$ sein, wobei x positive und negative Werte erhalten kann. Beide Wege aber werden sich zueinander wie die Geschwindigkeiten verhalten, mit denen sie zurückgelegt werden. Wenn wir nun die Spaltgeschwindigkeit c und die Bildgeschwindigkeit c_b nennen, so erhalten wir

$$x : (d + x) = c_b : c \qquad \text{und daraus}$$

$$x = \frac{dc_b}{c - c_b} \tag{I}$$

Ist die Bewegung des Spaltes entgegengesetzt, so haben wir einfach c negativ zu setzen und erhalten

$$x_1 = - \frac{dc_b}{c + c_b} \tag{II}$$

Die Verschiebungsgröße wird hier also negativ: d. h. es findet eine scheinbare Zusammenpressung statt. Sobald wir endlich c als Vielfaches von c_b auffassen und $c = nc_b$ setzen, ergibt sich

$$\text{für die positive Verschiebung } x = \frac{d}{n - 1} \tag{III}$$

$$\text{» » negative » } x_1 = - \frac{d}{n + 1} \tag{IV}$$

Ist also, wie in meinen ersten Versuchen, die Geschwindigkeit sehr gering, so nähert sich c_b dem Werte 0 und da deshalb n über die

Maßen wächst, so muß die Verschiebung x unmerklich klein werden — ganz gleichgültig, wie die Bewegung gerichtet ist.

Soweit stimmten meine Versuche mit der Theorie überein. Steigerte ich jedoch die Geschwindigkeit mehr und mehr, so zeigten sich recht erhebliche Abweichungen: sie wurden am auffallendsten, wenn Spalt und Bild sich annähernd gleich schnell bewegten. Hierüber stellte ich mit Herrn Dr. Heidenhain, der auf derartige Beobachtungen sehr gut eingeübt war, eine Reihe von Versuchen an, wobei bald er, bald ich als Versuchspersonen fungierten. Es wurden jetzt in bunter Folge drei verschiedene Objekte geboten, sie waren Kreise mit Durchmessern von 2, 2,5 und 3 cm. Vor einer jeden dieser Darbietungen schaltete ich noch einen besonderen Versuch ein, in welchem ich eine unbewegte Figur exponierte: sie diente als Vergleichsgröße und blieb in allen Versuchen dieselbe: der ursprüngliche Kreis von 2 cm Durchmesser. Ich ließ dann angeben, um wieviel der Durchmesser der neuen Figur größer oder kleiner war als der des Vergleichskreises und rechnete dabei die Aussage gleich groß = 1, etwas mehr als gleich = 1,25, etwa in der Mitte zwischen gleich und doppelt = 1,5, annähernd doppelt = 1,75 usw.

Die folgende Tabelle zeigt diese Aussagen im Mittel von zehn gleichen Versuchen nebst der jeweils zugehörigen mittleren Variation. Daneben findet sich dieselbe Größe auf Zentimeter umgerechnet, und zuletzt endlich folgt die Länge des Durchmessers, die sich auf Grund der Formel hätte ergeben müssen.

Tabelle I.

a) Gleiche und richtungsgleiche Geschwindigkeit.

Wirkl. Gr.	Beobachter H.	mittl. V.	cm	Beobachter L.	mittl. V.	cm	Formel-W.
2 cm	2,37	0,25	4,75	2,57	0,35	5,15	∞
2,5 »	3,07	0,46	6,15	3,05	0,55	6,10	∞
3 »	4,05	0,34	8,10	3,75	0,35	7,50	∞

b) Gegengleiche Geschwindigkeit.

Wirkl. Gr.	Beobachter H.	mittl. V.	cm	Beobachter L.	mittl. V.	cm	Formel-W.
2 cm	0,55	0,07	1,10	0,49	0,11	0,97	1 cm
2,5 »	0,79	0,17	1,57	0,81	0,12	1,62	1,25 »
3 »	0,95	0,21	1,90	0,95	0,45	1,90	1,5 »

Auffallend in dieser Tabelle und namentlich in ihrer ersten Hälfte ist die außerordentliche Abweichung der beobachteten Verzerrungen von denen, die durch die Formel gefunden sind: aber gerade darüber sollte mir bald Aufklärung zu teil werden und zwar auf eine höchst unerwartete und merkwürdig einfache Art.

VII. Der Abstand des Bildes vom Spalte. Stroboskopische Kinematik.

Die folgenden Experimente suchten festzustellen, ob etwa die Entfernung des Bildes vom Spalte einen Einfluß ausüben könnte. Und hier zeigte sich das zunächst überraschende Ergebnis, daß die Deutlichkeit des Gesehenen mit der Vergrößerung dieser Entfernung zunahm.

Ich stellte die Versuche dadurch an, daß ich einfach den ganzen hinteren Teil des Apparates mehr und mehr zurückschob. Immer nach einer Verschiebung von 10 cm ließ ich dann wieder beobachten. Dabei war die fortgesetzt abnehmende Lichtstärke freilich ein sehr ungünstiger Umstand; immerhin ergab sich folgendes als völlig gesichert: war der Abstand etwa gleich 110 cm geworden, so war von einer Verzerrung nicht das mindeste mehr zu bemerken. Dies galt für gleich gerichtete Bewegung; bei entgegengesetzter konnte das Objekt schon viel früher, etwa bei 75—80 cm Entfernung nicht mehr von einem Kreise unterschieden werden. Und von allen drei Figuren war hier dasselbe zu sagen.

Nun wäre es ein überflüssiges Beginnen gewesen, wenn ich jetzt die Versuche gehäuft hätte. Denn ich fand bald, daß auch diese Erscheinungen einer Gesetzmäßigkeit folgten, die sich mathematisch formulieren läßt und sogar unmittelbar aus der schon festgestellten hervorgeht. Die Voraussetzung dieser Versuche war immer die gleiche Geschwindigkeit beider Bewegungen. War sie aber wirklich erfüllt? Zweifellos nicht. Denn nicht die objektive Geschwindigkeit kommt in Betracht, sondern allein die scheinbare in bezug auf das Auge des Beobachters; die aber ist in hohem Maße von der jeweiligen Entfernung abhängig: wir sehen ja auch sonst sehr rasche Bewegungen langsam und um so langsamer werden, je weiter von ihnen wir unseren Standpunkt wählen: am bekanntesten und auch

augenfälligsten ist wohl der Unterschied in der scheinbaren Geschwindigkeit naher und entfernter Gegenstände, wenn wir im Eisenbahnzuge an ihnen vorüberfahren[1]).

Für unseren Fall genügt dieses: verschieden große Strecken werden in derselben Zeit durchlaufen; die Geschwindigkeiten, mit denen sie durchlaufen werden, verhalten sich also wie die Strecken selbst. Und da diese Strecken ihrerseits (ihrer scheinbaren Größe nach) im umgekehrten Verhältnis der Entfernung vom Auge zunehmen, so folgt, daß auch die subjektiven Geschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten müssen wie die Entfernungen vom Auge. Nun bezeichnen wir wie bisher die Geschwindigkeit des Spaltes mit c, dagegen soll c_b jetzt die scheinbare Bildgeschwindigkeit bedeuten; h sei die Entfernung des Spaltes und h_b die des Bildes vom beobachtenden Auge. Dann verhält sich

$$c_b : c = h : h_b ,$$

oder wenn wir den Abstand von Bild und Spalt a nennen:

$$c_b : c = h : (h + a) \quad \text{oder}$$

$$c_b = \frac{c \cdot h}{h + a},$$

unter Berücksichtigung von (I) und (II) findet man als Wert für die Verschiebungsgrößen sehr leicht hieraus:

$$x = d \cdot \frac{h}{a} \qquad \text{(V)}$$

bei gleichgerichteter und $x_1 = - d \cdot \dfrac{1}{2 + \frac{a}{h}}$ (VI)

bei entgegengesetzter Bewegung. Dabei ist d natürlich die jeweils wahrgenommene Größe des Durchmessers.

Die Berücksichtigung der Tatsachen, die sich in diesen Formeln aussprechen, ist nun von höchster Wichtigkeit nicht nur für unsere Versuche, sondern für die ganze kinematische Seite des stroboskopischen Problems überhaupt.

Zunächst erklärt sich die sonderbare Abweichung unserer experimentellen Ergebnisse von den durch die Formel gefundenen Werten. Diese Werte galten eben nur für eine Versuchsanordnung, in der der

[1]) Vgl. Stern, a. a. O. §§ 20 γ S. 330 und 56, S. 381.

Abstand von Spalt und Bild gering genug ist, um vernachlässigt werden zu können, und das ist beim eigentlichen Anorthoskop ja auch wirklich der Fall. Zugleich ist völlig klar, weshalb dieser Apparat Versuche mit gleicher und richtungsgleicher Geschwindigkeit ausschließt. Denn diese würden am besten und einfachsten dann angestellt werden können, wenn das Bild unmittelbar hinter dem Spalte dauernd befestigt, also etwa auf den Schirm selber aufgeklebt wäre. Wird dann der Spalt bewegt und also auch das Bild, das an ihm klebt, so ist jede Verdeckung unmöglich, und alles, was überhaupt vom Bilde sichtbar ist, muß während der gesamten Dauer der Spaltbewegung sichtbar bleiben. Nun sind unsere Formeln ohne Rücksicht auf empirische Bedingungen entwickelt. Zwei Faktoren insbesondere blieben unbeachtet. Zunächst die absolute Dauer der betrachteten Bewegungen. Die Formel weiß nichts von den Grenzen, die diesen Bewegungen durch das Niederfallen auf den Boden oder das Anschlagen an den Elektromagneten gesetzt sind. Und sie weiß ebensowenig von der Dauer des Lichteindrucks auf der Netzhaut. Für uns war allerdings Voraussetzung, die Geschwindigkeit solle stets groß genug sein, um simultanes Sehen zu ermöglichen. In extremen Fällen ist das nicht zu erreichen: wir brauchen nur die gerade Strecke, über die das Bild sich bewegt, genügend lang zu machen — und, was wir sehen, wird zeitlich getrennt sein. Die Formel aber rechnet ein Bild heraus, das genau so lange besteht, als es unverdeckt erscheint, oder vielmehr unverdeckt erscheinen kann. Und wir verstehen jetzt: die Länge des Streifens kennt, absolut genommen, überhaupt keine Grenzen, sie ist unendlich. Genau das ist aber unser oben — freilich unter einem falschen Gesichtspunkt — berechneter Wert. Wir brauchen nur die passenden Formeln zu Grunde zu legen, d. h. die Entfernungen zu berücksichtigen, um ein befriedigendes Ergebnis zu gewinnen. Denn die Abweichungen der folgenden Tabelle müssen in Anbetracht der wenig subtilen Untersuchungsmethode relativ geringe genannt werden.

Ich wiederhole nur die auf Zentimeter umgerechneten Angaben aus der ersten Tabelle. Die richtigen neuen Werte ergeben sich natürlich ohne weiteres, wenn wir in die Formeln (V) und (VI) $a=20$ und $h=35$ einsetzen. Die konstante Unterschätzung in der ersten Hälfte der Tabelle (II a) dürfte sich aus der großen — übrigens aus

unserer Theorie völlig verständlichen — Lichtschwäche der nach dem Ende zu liegenden Teile der Figur leicht erklären lassen.

Tabelle II.

a) Gleiche und richtungsgleiche Geschwindigkeit.

Wirkl. Gr.	Beobachter H.	Beobachter L.	Formelwert
2 cm	4,75	5,15	5,5
2,5 »	6,15	6,10	6,875
3 »	8,10	7,50	8,25

b) Gegengleiche Geschwindigkeit.

Wirkl. Gr.	Beobachter H.	Beobachter L.	Formelwert
2 cm	1,10	0,97	1,22
2,5 »	1,57	1,62	1,53
3 »	1,90	1,90	1,83

Nun können wir aber auch die großen Vorzüge begreifen, die das Dädaleum vor der Stampferschen Scheibe voraus hat. Denn was für einen Spalt gilt, muß ebensowohl für eine beliebige Anzahl gelten: dann aber haben wir im Prinzip jene beiden Apparate, und es ist klar, daß die Entfernung der Bilder von den Spalten auch hier von derselben Wichtigkeit ist. Fischer hat es verabsäumt, hierüber Versuche anzustellen. Es fehlt sogar die Angabe über die — offenbar konstante — Entfernung seiner beiden Scheiben voneinander. Bei den Versuchen mit gleicher Rotationsrichtung schienen Fischer »die Punkte nicht ganz scharf umgrenzt und sobald das Auge sich nicht direkt vor der Spaltscheibe befand, etwas breiter als sie in der Tat waren«[1]). Er erklärt sich das durch die Dauer des Lichtreizes. Je mehr wir das Auge dem Apparate nähern, um so kürzere Zeit währt der Phaseneindruck. Die Kürze des Phaseneindrucks aber ist nach dem Autor die Hauptbedingung für die Deutlichkeit der Erscheinung. Wir wissen, daß das falsch ist: weder die Dauer des Phaseneindruckes kommt für die Verzerrung in Betracht, noch überhaupt eine bloß zeitliche Größe, sondern einzig und allein das

[1]) a. a. O. S. 131.

Verhältnis der beiden (scheinbaren) Geschwindigkeiten. An eine Einschränkung könnte nur in einem Punkte gedacht werden: das Selbstverständliche, das die Voraussetzung aller unserer Versuche war, gilt auch hier: wiederum muß die Zeit, während der der Spalt über das Bild hinweggleitet klein genug sein, um dieses als simultan gegebene Einheit sichtbar zu machen. Damit aber haben die fraglichen Verzerrungen als solche nichts zu tun. Die Verzerrungsfigur ist ja hier, sobald sie nur überhaupt erschienen ist, in jedem Falle schon eine simultan gesehene Figur und ändert ihre Gestalt nicht im mindesten mit der Rotationsgeschwindigkeit: das zeigt eine beliebige Stampfersche Scheibe ohne weiteres, wenn man sie vor den Spiegel hält. Hieran also kann Fischer nicht gedacht haben: vielmehr hat er mit seiner Behauptung offenbar nichts anderes im Sinne gehabt, als eben die Tatsachen unserer Formel: nur sah er sie einseitig und mußte sie einseitig sehen, weil ihm noch eine Reihe von Beobachtungen fehlte. Es ist allerdings in gewissem Sinne unbestreitbar, daß mit der Annäherung des Auges der Phaseneindruck kürzer wird, aber doch nur relativ und ganz sekundär: nie und nimmer aber kann diese Kürze die Ursache der Verzerrung genannt werden, obwohl sie bei konstanter Geschwindigkeit zweifellos das Symptom, das sichere Kennzeichen einer solchen ist. Das gilt in demselben Sinne, in dem auch sonst unter der Voraussetzung gleicher Geschwindigkeit die Länge der Zeit, die die Zurücklegung eines beliebigen Weges erfordert, zugleich ein sicheres Kennzeichen und sogar ein Maß der Länge des Weges ist: so etwa wird auch das streifenförmige Verzerrungsbild, das ein glimmender Span erzeugt, seiner Länge nach von der Zeit abhängig sein, die zu seiner Herstellung nötig war — sofern nämlich über die Geschwindigkeit, mit der die Netzhautreizung stattfinden soll, genaue Vorschriften bestehen. Kürze des Lichteindrucks bei vorgeschriebener Geschwindigkeit oder auch nur (wie speziell in unserem Falle) bei einem vorgeschriebenen Geschwindigkeitsverhältnis ist hier eben nichts als ein anderer Ausdruck für die Reizung eines kleineren Netzhautbezirkes, nimmermehr aber ist sie gleichbedeutend mit Kürze des Phaseneindrucks überhaupt.

Dagegen lassen sich die Fischerschen Beobachtungstatsachen ganz unmittelbar als Folgerungen aus unseren Formeln begreifen.

Die Evidenz ist zwingend, wir können geradezu Formel (V) als die Formel der Stampferschen Scheibe und Formel (VI) als Dädaleumformel[1]) bezeichnen. Bringen wir das Auge direkt vor die Spaltscheibe, so wird in der Scheibenformel h gleich 0, mithin auch $x = 0$, d. h. es tritt keine Verzerrung ein.

Zweitens: Treten wir weiter und weiter zurück, so wächst h und damit zugleich x, d. h. die Kreise verlängern sich immer mehr, bis sie schließlich bei sehr großer Entfernung einen einzigen geschlossenen Ring bilden. Fischer, der mit zwölf Kreisen operierte, deren jeder einen anderen Abstand von der Scheibenmitte hatte, beobachtete ganz dasselbe und drückt es so aus: »Könnte man aus dem Unendlichen die beiden in gleicher Bewegung begriffenen Scheiben betrachten, so würde man offenbar nur zwölf dunkle Ringe sehen, vorausgesetzt, daß die Spalte gerade vertikal vor die Bilder gebracht sind; denn es würde dann jedes Bild immer in Sicht bleiben, genau so, als wenn wir die Bildscheibe allein während der Rotation betrachteten[2]).« Das ist vollkommen richtig, denn setzen wir $h = \infty$, so wird x und damit auch $d = \infty$, wir bekommen also dieselbe Erscheinung wie die, welche eintritt, wenn a den Wert 0 annimmt. In der Tat wird durch Verkleinerung des Abstandes der beiden Scheiben derselbe Effekt erzielt, wie durch Entfernung des Beobachters.

Nun aber behauptet Fischer noch dieses: beim Dädaleum werde die Erscheinung viel besser gesehen, wenn das Auge entfernt sei: die Sachlage wäre also hier gerade umgekehrt wie bei den gleich gerichteten Scheiben. Die Zeit, in der das simultan gesehene Bild vor dem Auge vorübergleitet, wird jetzt um so kleiner, je mehr sich der Abstand des Beobachters vom Apparate vergrößert, die Reizdauer in jenem hier allein möglichen Sinne nimmt also nunmehr mit der Entfernung ab: und da die kurze Eindrucksdauer nach Fischer günstig wirkt, so folgt in der Tat, daß sich die Erscheinung verbessert, wenn der Abstand des Beobachters zunimmt[3]). Man sieht, Fischers Behauptung stimmt ausgezeichnet zu seiner

[1]) Die Modifikation, welche sich daraus ergibt, daß die Bilder und Spalte des Dädaleums sich nicht geradlinig bewegen, ist praktisch bedeutungslos.

[2]) a. a. O. S. 131.

[3]) a. a. O. S. 131 und besonders S. 132, Mitte.

Theorie — aber sie stimmt dieses Mal nicht mehr zu den Tatsachen; und wir kennen bereits diese Tatsachen: es war ja eine unserer Beobachtungen, daß die im Dädaleum exponierten Kreise eine deutliche seitliche Pressung erfuhren und sich schließlich in Ellipsen verwandelten, sobald sie mehr und mehr aus der Ferne betrachtet wurden[1]). Da solche Verzerrung natürlich die reinliche Wirkung der stroboskopischen Bilder schädigt, so folgt, daß die Entfernung des Beschauers einen ungünstigen Einfluß ausübt — genau wie bei der Stampferschen Scheibe. Und so muß es sein: lassen wir in der Dädaleumformel h wiederum gleich o werden, so wird auch hier $x = o$, d. h. es tritt bei unmittelbarer Nähe des Beobachters keine Verzerrung ein. Wächst dagegen h, so wächst auch x, und das eben besagt die Beobachtung.

Endlich die Hauptsache: unsere Formel zeigt vor allem, daß die Größe, um die der jeweils gesehene Kreis verzerrt erscheint, bei gegengleicher Bewegung viel langsamer zunimmt als im Falle der gleichsinnig rotierenden Scheiben. Auch bei einem relativ großen Abstande des Beobachters zeigt das Dädaleum eine nur wenig merkbare Veränderung des Bildes. Die gewöhnliche Entfernung, aus der die stroboskopischen Apparate betrachtet werden, wird gewiß an das Vierfache des Abstandes, den die Spalten von dem Streifen haben, nicht heranreichen, und doch erscheint hier im Falle gegengleicher Rotation der Kreisdurchmesser nur um $\frac{4}{9}$ des normalen verkürzt. Die gleichsinnig bewegten Scheiben dagegen zeigen unter denselben Umständen eine Verlängerung um das Vierfache. Am auffallendsten ist der Unterschied natürlich bei sehr großen Entfernungen: denn selbst bei unendlicher Entfernung würde das Dädaleum noch immer eine begrenzte Figur zeigen, und der Kreisdurchmesser wäre nur um die Hälfte verkleinert!

Fischer erwähnt noch, daß bei »unendlicher Entfernung« die Anzahl der gesehenen Dädaleumbilder sich verdoppelt. Der Grund, der richtig angegeben ist, liegt in jener einfachen Tatsache, die wir schon bei der Faradayschen Rädertäuschung[2]) erwähnten. Zwei mit gegengleicher Geschwindigkeit rotierende Speichen oder Radien

[1]) Vgl. oben S. 38.

[2]) Vgl. oben S. 17.

weisen während eines Umlaufs notwendiger Weise zwei Koinzidenzpunkte auf: den Radien entsprechen hier die Bilder einerseits und die Spalten andererseits. —

Es versteht sich von selbst, daß die Anwendung unserer Formeln empirischen Beschränkungen unterworfen ist; die Größe h kann praktisch weder $= \infty$ noch $= 0$ werden, auch stellte sich bei unseren Versuchen über die Abstandsvergrößerung heraus, daß schon, wenn die Größe a den Wert 80 cm erreicht hatte, nichts mehr von Verzerrung bemerkt werden konnte, theoretisch hätte sich $\frac{7}{30}\,d$ ergeben müssen. Schon relativ starke Verzerrungen bleiben also unbemerkt: es unterliegt keinem Zweifel, daß hier die zunehmende Undeutlichkeit der gesehenen Bilder von Bedeutung wird. Es schien mir ferner von Wert, den Einfluß von Veränderungen der Spaltweite zu untersuchen: ich fand hier bestätigt, was schon von Stampfer und Poggendorff hervorgehoben war: wird der Spalt verengert, so treten die Konturen schärfer hervor. Mit diesem Vorteil ist aber ein Nachteil verbunden, der sehr ins Gewicht fällt: die Figur wird noch lichtschwächer, als sie ohnehin schon ist. Am zweckmäßigsten zeigte sich bei mittleren Entfernungen eine Spaltweite von etwa 7 mm.

VIII. Gegensatz von Ruheeffekt und Bewegungswahrnehmung.

Noch habe ich über die dritte Versuchsreihe zu referieren. Hier bewegte sich, wie wir wissen, die Bildscheibe allein. Alle sonstigen Verhältnisse waren wieder die zu Anfang geschilderten. Was hier zu sehen war, wurde von meinen Beobachtern als ein »Vorbeihuschen« am Spalte bezeichnet. Von einem deutlichen Erkennen der Figur war bei größeren Geschwindigkeiten keine Rede; wenn aber die Bewegung verlangsamt wurde, traten andere Erscheinungen auf als die S. 42 erwähnten und von Zöllner und Helmholtz beschriebenen. Statt der erwarteten Ellipse erschien ein sehr verschwommenes Gebilde, das einigermaßen der Erscheinung bei rascher Bewegung entsprach und nur dadurch ausgezeichnet war, daß es entweder oben oder unten einen meniskusartigen Aufsatz hatte: oben befand er sich, wenn die Bewegung nach unten und unten, wenn sie nach oben gerichtet war. Der Grund des abweichenden Ergeb-

nisses lag offenbar in den veränderten Versuchsbedingungen: denn Zöllner ging nicht von der Bewegung nach einer Richtung aus, sondern von einer Hin- und Herbewegung. Um dieselbe Anordnung herzustellen und zugleich exaktere Ergebnisse zu ermöglichen, bediente ich mich des bekannten, sonst zu Reaktionsversuchen benutzten Spaltpendels, das ich jedoch ohne Benutzung der Elektromagneten frei hin- und herschwingen ließ. Die Dauer der Schwingungen konnte ich durch Verschiebung des Laufgewichts, das sich auf der anderen, oberhalb der Drehungsachse gelegenen Seite befand, bequem variieren; da sich auch die in Frage kommenden Amplituden beliebig verändern ließen, so waren alle Größen bestimmbar, die es erlaubten, vergleichbare Werte zu gewinnen. Der Spalt des Pendels wurde durch eine schwarze Pappscheibe verdeckt, auf der das Objekt aufgetragen war. Dieses bestand wiederum aus einem weißen Kreise von 2 cm Durchmesser, in die Kreisfläche war ein liegendes Kreuz eingezeichnet, in Gestalt zweier aufeinander senkrechter Durchmesser.

Die Entfernung von Spalt und Beobachter betrug wieder 35 cm, die von Spalt und Pendel dagegen nur 3,5 cm.

Ein Nachteil dieser Versuche war natürlich die ungleichmäßige Geschwindigkeit des Objekts, doch schien er mir bei der Kleinheit der betrachteten Strecken nicht allzusehr in Frage zu kommen. —

Nun zeigte sich in der Tat eine der Zöllnerschen analoge Erscheinung, die sich am auffälligsten in der Veränderung der von den beiden Durchmessern gebildeten Winkel kundgab: sie wurden bald spitzer, bald stumpfer, je nachdem eine Zusammenpressung vorlag oder eine Dehnung. Es handelt sich also um recht eigenartige Dinge — aber sie haben uns hier nur in einer Hinsicht zu beschäftigen: denn unsere Frage bleibt die bisherige: ob die betrachteten Erscheinungen eine Grundlage zu stroboskopischen Versuchen abgeben können oder nicht. Bei der allgemeinen Undeutlichkeit des Phänomens mußte ich mich übrigens auf folgende vier Winkelgrößen beschränken:

$$1) > R \qquad 2) = R \qquad 3) = \frac{3}{4} R \qquad 4) = \frac{1}{2} R.$$

Ich begann nun mit sehr schnellen Schwingungen, die ich bald mehr und mehr abstufte, so daß das Objekt immer genauer gesehen werden konnte. Trat dann eine deutlich bemerkbare Änderung der

Erscheinung ein, so bestimmte ich aus zwanzig Schwingungen (während deren ich ständig beobachten ließ) die mittlere Geschwindigkeit. Ich ging dabei von Versuchen mit bewegtem Auge aus und verglich die hierbei gefundenen Werte der Verzerrung mit denen, die sich bei fixiertem Auge und denselben Geschwindigkeiten ergaben. Als Versuchspersonen fungierten die Herren Dr. Urban und Dr. Mittenzwey.

Im einzelnen gestalteten sich die Ergebnisse wie folgt:

Tabelle III.

Nummer	U. Winkelgr. b. bew. A.	Mittl. Geschw.	U. Winkelgr. b. fix. A.	M. Winkelgr. b. bew. A.	Mittl. Geschw.	M. Winkelgr. b. fix. A.	Bemerkungen
1.	?	26,45 cm	?	$\frac{R}{2}$	26,45 cm	?	bewegt
2.	$\frac{R}{2}$	22,76 »	?	$\frac{R}{2}$	23,27 »	?	»
3.	$\frac{3}{4}R$	15,34 »	? $\left(\frac{R}{2}\right)$	$\frac{3}{4}R$	16,08 »	? $\frac{R}{2}$	»
4.	R	12,05 »	$\frac{R}{2}$	fast R	13,21 »	$\frac{R}{2}$	»
5.	R	9,20 »	$\frac{3}{4}R$	R	10,90 »	$\frac{3}{4}R$	»
6.	R	6,03 »	R	R	6,45 »	R	bewegt, aber nicht simultan.
7.	$>R$	4,23 »	$>R$	$>R$	4,23 »	$>R$ (stumpfer als b. bew. A.)	bewegt, aber nicht simultan.

Überblicken wir diese Tabelle, so gewinnt es fast den Anschein, als würden die prinzipiellen Unterschiede dieser Versuche von den zuvor betrachteten durch wichtige Übereinstimmungen aufgewogen. Wir erhalten wiederum die Erscheinung der Zusammenpressung wie beim Anorthoskop und bei sehr langsamer Bewegung, auch eine Auseinanderzerrung wie bei den gleichsinnig bewegten Scheiben.

Helmholtz hat nun wirklich den Versuch gemacht, diese Täuschung, wenigstens soweit es sich dabei um simultan gesehene Objekte handelt, auf die anorthoskopischen Tatsachen zu reduzieren. Das wäre in der Tat eine einfache Erklärung: denn wenn das Auge

den Bewegungen des Objektes folgt, so muß nach bekanntem Gesetz die Geschwindigkeit des Netzhautbildes geringer werden, während der Spalt eine scheinbare Bewegung im entgegengesetzten Sinne erhält — und damit sind allerdings anorthoskopische Verhältnisse geschaffen.

Darauf ist zunächst zu erwidern, daß unsere Versuche — übrigens in Übereinstimmung mit ganz anderen Experimenten[1]) aus neuester Zeit und Zöllners eigenen Anschauungen — aufs deutlichste zeigen, daß auch bei Fixation Verzerrungen auftreten. Unsere Tabelle sagt dazu noch folgendes: die Augenbewegung (d. h. das Verfolgen des Objekts mit dem Auge, das ohne künstliche Fixation mehr oder minder immer stattfindet) fördert die Erscheinung insofern, als sie ihr erlaubt, sich schon bei relativ großen Geschwindigkeiten geltend zu machen. Hier hat das fixierte Auge nur den ganz unbestimmten Eindruck des Vorbeihuschens, den ich in der Tabelle durch ein Fragezeichen angedeutet habe. Sobald aber die Erscheinung nur überhaupt eingetreten ist, zeigt sie sich bei Fixation sogar in stärkerem Maße als bei bewegtem Auge. Auch ist das, was in diesem Falle gesehen wird, keine eigentliche Ellipse, wie beim Anorthoskop, sondern eine Figur mit scharfen Ecken, nämlich annähernd das durch den Spalt jeweils abgeschnittene Flächenstück, nur mit abgerundeten seitlichen Begrenzungslinien. Damit wird in Zusammenhang stehen, daß die Erscheinung durch Vergrößerung der Spaltweite abgeschwächt wird und, sobald diese den Durchmesser des Kreises erreicht hat, sogar völlig aufhört[2]).

Doch das alles ist nebensächlich; der Nachdruck muß darauf gelegt werden, daß in allen diesen Versuchen das Objekt niemals mehr in Ruhe gesehen wird, wie stets bei den anorthoskopischen Erscheinungen, sondern in Bewegung und zwar unter allen Umständen, mögen nun Augenbewegungen beteiligt sein oder nicht. Steht damit aber nicht im Widerspruch, daß die Zusammenpressungserscheinungen simultan gesehen werden, also ohne Sukzessionsbewußtsein,

[1]) C. C. Stewart, Zöllners Anorthoscopic Illusion: Amer. Journ. of Ps. Bd. XI, S. 240 ff.

[2]) Genauere Experimente hierüber finden sich in der erwähnten Arbeit von C. C. Stewart. Einige eigene Versuche bestätigten diese Beobachtung. Im einzelnen sind übrigens die Ergebnisse der Stewartschen Arbeit dadurch beeinträchtigt, daß auch sie die so wichtige Entfernung des Objektes vom Spalte nicht berücksichtigt.

das doch dem Bewegungseindruck notwendig eigen sein muß? Natürlich kann es sich hier nur um eine begriffliche Unklarheit handeln. Das Bewußtsein der Sukzession und das der Simultanität schließen sich, sobald sie nur richtig bezogen werden, keineswegs aus. Wir sprechen von Bewegungseindruck und damit von Sukzession, sobald wir den Vorgang als solchen hervorheben. Das hindert aber nicht, daß der bewegte Gegenstand in einem Momente dieses Vorgangs als simultanes Ganze wahrgenommen wird.

Ich betone hierbei das Wort Gegenstand. Es wäre ganz verkehrt, in diesem Zusammenhang auf Reize zu rekurrieren. Denn wir wollen ja zeigen, warum wir in unserem Falle Bewegung sehen, in anderen dagegen Ruhe. Reizverschiebungen auf der Netzhaut aber vertragen sich aufs beste mit der Wahrnehmung ruhender Gegenstände. Es gibt dafür gar kein besseres Beispiel als unsere Versuche mit gleichgerichteter Bewegung von Bild und Spalt. Auch hier durchwandert ein und derselbe Reiz verschiedene Netzhautpunkte — sonst wäre ja die Auseinanderzerrung nicht möglich —, das Objekt aber erscheint gleichwohl nicht in Bewegung.

Nun wird man sagen: bei diesen Erscheinungen ändert die Nachbildwirkung die Situation: die relativ kurze Dauer der Reizbewegung wird durch die viel längere Zeit überwogen, in der uns ein Komplex von Reizen als simultanes Ganze gegeben ist. Allein schon die alltägliche Erfahrung zeigt, daß das keineswegs ausreicht. Wird in der Dunkelheit ein glimmendes Holzstück zur Erde geworfen, so sehen wir seine Fallbewegung trotz des feurigen Streifens, den es nach sich zu ziehen scheint, und der auch nach Beendigung des Vorgangs gleichsam als dessen sichtbare Spur noch kurze Zeit erhalten bleibt. Das wird allgemein gelten: auch sonst sehen wir bei rasch bewegten Gegenständen, die solche »Nachbildstreifen« hinterlassen, weder ausschließlich Bewegung, noch ausschließlich Ruhe, sondern beides zumal. Freilich: einer der beiden Eindrücke wird stärker hervortreten, und es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, daß dieser der Bewegungseindruck sein muß. Natürlich: denn der Nachbildstreifen ist kein selbständiges Gebilde neben dem bewegten Objekte und vor allem erscheint er uns in dieser Weise ganz unmittelbar: er gilt ohne weiteres als bloße Spur des Bewegten, als abhängig vom Gegenstande oder von ihm erzeugt, kurz er erhält den Charakter des Tran-

sitorischen, während ihm der bewegte Gegenstand als das permanente Element gegenübertritt.

Und doch bewirken relativ geringe Abänderungen eine vollständige Umkehrung der Sachlage. Der Gegenstand sei ein homogenes Quadrat, das sich — bei sonst völliger Dunkelheit allein erleuchtet — in der Richtung einer seiner Seiten bewegt und zwar über eine genau vorgeschriebene Strecke. Es ist nun klar, daß der dadurch erzeugte Eindruck auch dann noch bestehen bleibt, wenn nicht das Quadrat sich selber bewegt, sondern an seiner Stelle ein quadratischer Lichtfleck — wie ihn ein Projektionsapparat leicht erzeugen kann — bewegt wird und die Bewegung über einen homogenen Streifen erfolgt, der genau der Bahn der ursprünglichen Figur entspricht und auch ebenso gefärbt ist. Man kann hier schon geneigt sein, den transitorischen Charakter des Nachbildes in Frage zu ziehen, aufgeben aber muß man ihn, sobald der real gegebene Streifen seiner Homogenität beraubt ist, also sich etwa aus verschiedenfarbigen Flecken zusammensetzt oder auch nur eine geringe Formveränderung erfahren hat. Denn nunmehr erscheinen die Reize, aus denen der Nachbildstreifen besteht, als stillstehender, momentan belichteter Gegenstand. Mit anderen Worten: sie sind jetzt das permanente Element der Erscheinung geworden, während dem bewegten Lichtfleck transitorische Eigenschaften zukommen. Uns erscheint eben dasjenige unmittelbar als permanent, was uns aus der Erfahrung als permanent bekannt ist: in dem ursprünglichen Falle ist das der bewegte, in dem eben betrachteten der ruhende Gegenstand. Wir sehen also — wenn der Ausdruck erlaubt ist — unsere früheren Erfahrungen über Aussehen und Gestalt von permanenten Objekten in die gegenwärtige Wahrnehmung hinein, so daß es sich letzten Endes um einen Assimilationsprozeß handelt — wie ja nach Wundt unsere gesamten Wahrnehmungen von solchen Prozessen durchgezogen sind[1]).

Aus alledem aber folgt, daß es ganz gleichgültig sein muß, ob die Gestalt des für ruhend gehaltenen Objektes wirklich als permanentes Gebilde vorhanden ist, oder ob sie im Moment der Wahrnehmung auf Grund kinematischer Beziehungen jedesmal erzeugt

---

[1]) Vgl. Wundt, Physiol. Psychologie, 5. Aufl. 3. Bd., S. 529 und an vielen anderen Stellen seiner Werke.

wird. Und nun erst ist völlig klar geworden, warum physikalische Gegenstände bzw. die ihnen entsprechenden Reize trotz objektiver und eventuell sogar reizbarer Bewegung als ruhende Gebilde aufgefaßt werden können, wie dies beim Anorthoskop, Dädaleum und der Stampferschen Scheibe unter den bisher betrachteten Bedingungen tatsächlich der Fall ist. Überall hier macht sich die Reizverschiebung für die Wahrnehmung unmittelbar geltend, nur eben in erster Linie nicht als Verschiebung, sondern als Verzerrung[1]).

Zugleich sei noch einmal betont, daß stets simultanes Sehen des Objektes Voraussetzung ist. Statt dessen können wir jetzt sagen: es muß ein Nachbildstreifen vorhanden sein, dessen Größe der des Objektes mindestens gleich kommt. Es ist aber zweckmäßig, ihn größer zu wählen. Denn der gleitende Spalt macht auch die Unterlage — also die Nachbarschaft — des Objektes sichtbar, und wenn sich deren Bewegung verrät, so kann durch assoziative Übertragung dieses Eindrucks leicht der Gesamteffekt gestört werden. Freilich können dieser Störung andere Umstände wieder entgegen wirken. Beides wird uns noch in anderem Zusammenhang experimentell beschäftigen.

Auch die Vorgänge bei ruhendem Spalt sind nun noch besser zu verstehen. Ihr Hauptunterschied von den eben besprochenen besteht, wie schon früher hervorgehoben, in der Tatsache, daß hier dauernd zwei feste Punkte gegeben sind, zwischen denen die Bewegung erfolgt. Was aber sehen wir in Bewegung? Zweifellos nicht das physikalisch gegebene Objekt; denn dieses können wir ja infolge der Enge des Spaltes überhaupt niemals vollständig wahrnehmen. Es werden also stets nur Teile von ihm gesehen: zugleich wissen wir[2]), daß homogene Flächen an sich betrachtet den Bewegungseindruck ausschließen und, da auch unsere Figur wenigstens annähernd als homogen gelten kann, so folgt, daß im Grunde nur ihre Ränder für uns zu unmittelbaren Trägern der Bewegung

---

[1]) Mit anderen Worten: es kann die Bewegung eines Reizes oder besser Lichtfleckes von seitwärts in das Gesichtsfeld hinein und (nach einem Moment scheinbaren Verharrens) wieder aus ihm heraus deutlich gesehen werden, gleichwohl aber derselbe Lichtfleck unmittelbar als Repräsentant eines dauernd an dieser Stelle verharrenden Gegenstandes aufgefaßt werden. Vgl. die exp. Tatsache S. 88.

[2]) Vgl. oben S. 21 f.

werden. Und weil auf den hinteren Rand kein neuer Reiz mehr folgt, der die Aufmerksamkeit beansprucht, so wird sich dieser deutlicher geltend machen als der vordere: daher rührt der »meniskusartige« Aufsatz in unseren früheren Versuchen. Bei Pendelschwingungen freilich werden rasch hintereinander verschieden gerichtete Bewegungen gesehen, so daß der Meniskus seine Lage beständig wechseln muß. Vermutlich wird sich dann durch Assimilation der vorangehende Eindruck auf den folgenden übertragen, wodurch die Figur auf beiden Seiten dieselbe Begrenzung erhält.

Aber auch die Zusammenpressung folgt aus dieser Betrachtung: denn eben weil die Bewegung der Fläche nicht genügend gesehen wird, muß der Eindruck entstehen, die Figur erfülle den Spalt annähernd in ihrer ganzen Ausdehnung simultan, es muß das durch den Spalt jeweils abgeschnittene Flächenstück gesehen werden: der Kreis scheint in der Richtung der Bewegung zusammengeschoben zu zu sein. Es ist möglich, daß außerdem noch andere Prinzipien hierfür in Frage kommen — für unsere Problemstellung ist das völlig belanglos. Ich denke aber, es ist jetzt aufs deutlichste ersichtlich geworden, daß zwischen diesen Erscheinungen und den stroboskopischen[1]) sehr tiefgreifende Unterschiede bestehen: auch können Augenbewegungen und damit anorthoskopische Beziehungen nur sekundäre Bedeutung haben. Die an sich sehr eigenartige Tatsache aber, daß bei sehr langsamer Bewegung Auseinanderzerrung eintritt, muß für unsere Betrachtung schon deshalb ausscheiden, weil hier die Grundbedingung aller stroboskopischen Bildprojektion von vornherein fehlt: das Objekt wird auch subjektiv nicht mehr simultan wahrgenommen.

Noch habe ich endlich einen zweiten Versuch mit dem Spaltpendel zu schildern: man erinnert sich, daß bei den tachistoskopischen Versuchen mit ruhender Figur zuweilen ebenfalls Verzerrungen auftraten. Sie verschwanden aber bei Fixation, so daß zu vermuten war, daß Augenbewegungen die Ursache seien. Das Experiment bestätigte dies: Ich ließ jetzt das Pendel offen schwingen, d. h. ich beseitigte den vorderen Spalt; das Objekt aber — es war wieder ein weißer Kreis auf schwarzem Grunde — brachte ich hinten am Ap-

---

[1]) Genauer muß es heißen: zwischen diesen Erscheinungen und allen denen, die als Grundlage stroboskopischer Bildvorführung dienen können.

parat an, wo es durch den Spalt des Pendels intermittierend erblickt wurde. Ich ließ nun ohne Fernrohr beobachten, aber selbst dann bedurfte es einiger Übung, um die Erscheinung hervorzubringen. War sie aber einmal da, so konnte ich die Augenbewegungen der Beobachter (als solche dienten wieder die Herren Dr. Urban und Dr. Mittenzwey) vollkommen deutlich wahrnehmen. Damit dokumentiert sich die Täuschung als anorthoskopische. Die Augenbewegungen sind nichts als ein tatsächliches Mitgehen mit dem Pendel am Objekte vorbei: also muß nach dem Relativitätsprinzip das Objekt sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen scheinen. Da andererseits die Bewegung des Auges die Spaltgeschwindigkeit nicht wirklich erreicht, sondern sie nur verlangsamt[1]), so muß die schließliche Wirkung die einer entgegengesetzten Bewegung von Spalt und Bild sein, d. h. es müssen anorthoskopische Verschiebungen auftreten.

Damit ist nun auch die zu Anfang erwähnte eigenartige Verzerrungserscheinung erklärt, die sich bei allmählicher Steigerung der Rotationsgeschwindigkeit des Dädaleums kurz vor Beginn des Effektes gelegentlich einstellt. Ist nämlich die Bewegung der Dädaleumspalte langsam genug, um bequem mit dem Auge verfolgt werden zu können, so geschieht dies auch tatsächlich — genau wie in dem eben besprochenen Experiment. Der Spalt verliert mithin scheinbar an seiner Geschwindigkeit, er nähert sich subjektiv dem Stillstande: um so stärker aber muß dadurch die an sich ja schon ziemlich große Bildgeschwindigkeit hervortreten. Es ergibt sich also relativ rasche Bildbewegung bei annähernd ruhendem Spalte, d. h. im ganzen die Bedingungen der Zöllnerschen Täuschung bei simultan gesehenem Objekt, welcher die Figur auch wirklich entspricht.

IX. Das Stroboskop nach Wundt. Prüfung von Fischers und Marbes Resultaten.

Jetzt erst können wir zu den Untersuchungen am Stroboskop selber übergehen.

Mir stand ein außerordentlich exakt gearbeitetes Dädaleum[2]) zur

---

[1]) Vgl. hierzu die Anm. auf S. 38 dieser Abhandlung.

[2]) Es wurde nach Angaben von Herrn Geheimen Rat Wundt vom Mechaniker Zimmermann in Leipzig angefertigt.

Verfügung, dessen Bewegungen mit großer Ruhe und Leichtigkeit erfolgten. So allein nämlich lassen sich die zitternden und schwankenden Bildverschiebungen vermeiden, die sonst fast die Regel bilden und die Erreichung brauchbarer Ergebnisse in hohem Maße erschweren. Außerdem ist es wünschenswert, den Apparat von vornherein so einzurichten, daß sich die Zahl und Weite der Spalte, ihre Entfernung von den Bildern, endlich auch die Anordnung der Bilder selber in möglichst weiten Grenzen variieren lassen. Deshalb fehlte der Zylinder zunächst gänzlich; das Gestell, das übrig blieb, war nur der Boden eines Dädaleums, und selbst dieser war nicht einheitlich,

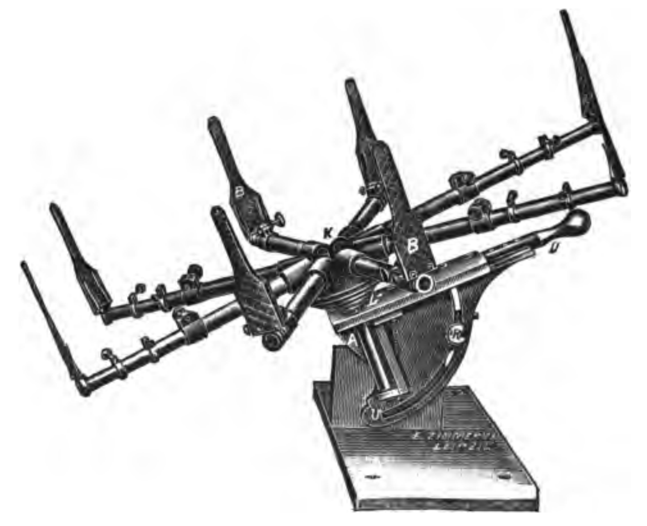


Fig. 2.

sondern bestand bloß aus acht radial verlaufenden Metallröhren, von denen jede noch drei andere engere Röhren in sich barg, die sich herausziehen ließen und dadurch erlaubten, den Durchmesser des Ganzen, der zunächst nur 42 cm betrug, um 60 cm zu vergrößern, d. h. ihm zwischen diesen so bestimmten Grenzen jeden beliebigen Wert zu geben. (Siehe die obenstehende Abbildung.)

Auf diesem Gestell nun, das durch einen Schnurlauf (*L*) in gleicher Weise wie der früher besprochene Apparat bewegt werden konnte, wurden — mittels der Bildträger (*B*) — die Zylinder von der jeweils erforderlichen Größe befestigt: sie bestanden aus dickem Zeichen-

papier, das außen geschwärzt war, und erlaubten jede beliebige Modifikation.

Eine Umlegevorrichtung (*U*) endlich machte es möglich, auch noch die Drehungsachse (*A*) des Apparates ihrer Lage nach zu verändern und mit einem Schlüssel (*R*) in jeden beliebigen Winkel zwischen vertikal und horizontal einzustellen und festzuhalten. Es ist dies für das rasche Einlegen und Auswechseln der Bilder und überhaupt für die technische Handhabung des Apparates von großem Vorteil. Die Beobachtungen bei anderer als horizontaler Rotation ergaben übrigens keinen Unterschied.

Am praktisch bedeutsamsten erwies sich der eigentümliche ausziehbare Boden. Mit seiner Hilfe konnte ich zunächst ohne Schwierigkeit die Versuchsbedingungen herstellen, bei denen ehemals Fischer seine Resultate gewonnen hatte. Fischer arbeitete mit einem Dädaleum, in dessen Mantel — natürlich in gleichen Abständen — 72 Spalte eingeschnitten waren; jeder von ihnen maß in der Breite 3 mm, der Durchmesser des Apparates betrug 76 cm. Ich fand nun die Ergebnisse Fischers, wenigstens was ihr Tatsachenmaterial betraf, im ganzen bestätigt: nicht dagegen diejenigen Marbes, was überraschen muß, da diese sich anscheinend vollkommen an die Fischerschen anschließen. Dabei denke ich zunächst nicht einmal an ihre objektive Richtigkeit oder Unrichtigkeit, sondern nur an die eigene innere Konsequenz.

Wie wir wissen, hält Marbe die »Verschmelzung« für die eigentliche Grundbedingung, eine conditio sine qua non der stroboskopischen Erscheinungen. Aber er geht noch weiter, er macht sie sogar zur einzigen Bedingung, er sagt: »Diejenigen stroboskopischen Erscheinungen, bei welchen es sich nicht um das Sehen bewegter Bilder handelt, beruhen im wesentlichen lediglich auf den Tatsachen des Talbotschen Gesetzes«[1]). Zwar wird gleich darauf für das Sehen bewegter Objekte noch ein anderes und zwar ein psychologisches Prinzip[2]) in Anspruch genommen, doch haben wir zu bedenken, daß Marbe dies alles zu einer Zeit schrieb, in der die Untersuchungen Dürrs noch

[1]) Marbe, a. a. O. S. 398.

[2]) Wie schlecht es freilich mit diesem psychologischen Prinzip bestellt ist, darüber vgl. die folgenden Ausführungen.

nicht vorlagen, die, wie wir schon wissen, auch diesen Rest einer psychologischen Erklärung zu beseitigen suchten. Wir können also — so scheint es wenigstens — es als die heutige Ansicht Marbes hinstellen, wenn wir sagen: Immer wenn durch einen stroboskopischen Apparat, in den Phasenbilder oder andere zur Verschmelzung geeignete Objekte in gehöriger Weise eingestellt sind, eine Verschmelzung der von den Bildern ausgehenden Reize bewirkt wird, muß eo ipso auch der stroboskopische Effekt eintreten (wenigstens wenn die Beobachtung so erfolgt, wie dies normaler Weise der Fall zu sein pflegt). Dieser Satz wird sehr auffällig, wenn man bedenkt, daß Marbe Fischers Resultate gekannt und sogar nachgeprüft hat. Bei Fischer ist, wie wir wissen, nicht bloß von einer Minimalgeschwindigkeit die Rede, unter der der Effekt nicht eintritt, sondern von deren zwei. Das heißt: ist die Erscheinung erst einmal eingetreten, also die obere Grenze überschritten, so besteht die Tendenz die Täuschung auch dann noch festzuhalten, wenn bei allmählicher Verlangsamung der Rotation die ursprünglichen Bedingungen ihres Eintritts gar nicht mehr vorhanden sind. Zeigt das nicht deutlich genug, daß es sich hier um mehr handeln muß, als um einen bloßen Verschmelzungsprozeß?

Ferner hatte Fischer gezeigt, daß unter sonst gleichen Bedingungen das Auf- und Abschwingen der Punkte um so früher, d. h. bei um so geringerer Geschwindigkeit, eintrat, je weniger Punkte durch eine Blendvorrichtung dem Beschauer sichtbar gemacht waren: so stieg der Wert von 0,133 Sek., der sich als obere Zeitgrenze ergab, wenn zwölf Punkte nebeneinander sichtbar waren, durch Isolierung eines einzigen Punktes auf 0,210 Sek. In Konsequenz der Marbeschen Anschauung kann das allein bedeuten, daß der Eintritt der Verschmelzung durch Abblendung eines Teiles des Gesichtsfeldes begünstigt wird. Diese unsinnige Folgerung zieht Marbe natürlich nicht, sieht sich dafür aber genötigt, in diesem Punkte nun doch die Position der Alleingültigkeit des Talbotschen Gesetzes aufzugeben: er akzeptiert hierfür sogar Fischers psychologische Theorie, von der wir noch sprechen werden.

Man fragt sich: wenn bei minimalen Geschwindigkeiten psychologische Faktoren in entscheidender Weise mitsprechen, warum sollen sie dann bei größeren Geschwindigkeiten so ganz ausgeschlossen sein?

Im übrigen kann sich jedermann sogar ohne Stroboskop überzeugen, daß die bloße Verschmelzung zur Erzeugung eines stroboskopischen Effektes nicht ausreicht. Wenn wir einen Episkotister vor einer Lichtquelle rotieren lassen, so können wir bekanntlich durch den Episkotister hindurch die Lichtquelle nebst ihrer Umgebung genau wie auch sonst betrachten: sie erscheint als ein zusammenhängendes Ganze und nur von einem dünnen »Schleier« überzogen, der natürlich ihre Intensität abschwächt. Ich nehme dabei an, daß die so gesehenen Objekte ruhen: für langsame Bewegungen aber gilt ganz dasselbe. Wenn etwa der Beobachter seine Hand mit sehr geringer Geschwindigkeit hinter dem Episkotister hin- und hergleiten läßt, so sieht er diese Bewegung wie jede andere ohne das geringste von dem Phasenausfall, der hier doch zweifellos stattfinden muß, zu bemerken. Erst wenn die Bewegung rascher wird, ändert sich die Erscheinung.

Was hier vom Episkotister gesagt wurde, läßt sich natürlich auf jede beliebige Spaltscheibe eines Stroboskops übertragen: auch hier sehen wir langsame Bewegungen durch den entsprechenden Schleier hindurch wie gewöhnlich, das heißt also: wir sehen eine genügend langsame Bewegung des Bildstreifens von geringer Verdunklung abgesehen eben so gut wie auch sonst, oder: trotz aller Verschmelzung ist die Erscheinung genau so, als ob wir von oben in den Apparat hineinsähen. Und eben dasselbe hat sicherlich auch Fischer im Auge, wenn er sagt[1]), der Beobachter habe (sogar bei relativ großen Geschwindigkeiten) nicht selten »den eingelegten Streifen durch die Fenster hindurch sich mit all seinen Phasenbildern herumdrehen sehen.«

Es ist in der Tat nicht wohl anzunehmen, daß diese Tatsachen Marbe, für den doch die Erforschung solcher Verschmelzungsphänomene fast zu einem Teile seiner Lebensaufgabe geworden ist, verborgen geblieben sind. Auch scheint es bisweilen wirklich, als sei der Hinzutritt noch anderer Gesetzmäßigkeiten auch für ihn eine ganz selbstverständliche Sache: so heißt es gleich zu Anfang: ». . . . bei allen stroboskopischen Versuchen werden dem Auge sukzessive Gesichtsreize geboten, von denen eine Reihe zunächst einmal ver-

---

[1]) a. a. O. S. 139.

schmelzen muß, wenn von einem stroboskopischen Effekt die Rede sein soll«. Die Worte »zunächst einmal« wären natürlich sinnlos ohne den Gedanken an eine noch hinzutretende neue Erscheinung. Leider findet sich in allem, was weiterhin folgt, gerade hierüber nichts — nicht einmal in polemischer Absicht ist ein anderes Prinzip erwähnt als die Verschmelzung: denn was sonst noch herangezogen wird, bezieht sich gar nicht auf den stroboskopischen Effekt als solchen, sondern — wie Marbe ausdrücklich hervorhebt — nur auf die Bewegungsphänomene.

Jedenfalls kann mein Hinweis auf die Tatsache, daß die Verschmelzungsphänome nicht die alleinige Bedingung der stroboskopischen Täuschungen sind, nicht einmal den Anspruch erheben, neu und eigenartig zu sein, ich wiederhole, soweit ich bei dieser negativen Formulierung bleibe, nur allbekannte Dinge. Also weiß wohl auch unser Autor davon: nur hält er sie offenbar für Selbstverständlichkeiten, die der Erwähnung gar nicht bedürfen; das Entscheidende bleibt ihm die Verschmelzung. Was ich hiergegen zu sagen habe, findet seinen Platz an einer anderen Stelle; für jetzt seien nur kurz drei weitere besonders grobe Irrtümer richtig gestellt, die noch hierher gehören. Daß bei gleicher Rotationsrichtung der stroboskopischen Scheiben die Bilder an einem größeren Retinastück vorbeieilen[1], ist zunächst richtig bemerkt, auch kann man die Auseinanderzerrungen, die dabei entstehen, zur Not mit Marbe als Annäherungen an Linien bezeichnen; wenn es aber dann weiter heißt, daß diese Annäherung bei entgegengesetzter Drehungsrichtung in geringerem Grade stattfindet, so ist das so falsch wie möglich: es handelt sich in diesem Falle, wie wir wissen, vielmehr um den umgekehrten Vorgang, um Zusammenpressung.

Eine andere Behauptung zeigt unseren Autor als Mathematiker. Bei gegengleicher Rotationsrichtung der Scheiben soll die Bilderzahl sich deshalb verdoppeln, »weil hier nach Drehung um $\frac{\pi}{2n}$ immer ein neues Phasenbild sichtbar wird«. Der wahre Grund liegt, wie wir wissen, darin, daß zwei Punkte, die von einer gemeinsamen Ausgangsstelle mit gegengleicher Geschwindigkeit über eine Kreisperipherie bewegt werden, sich nach Zurücklegung eines Halbkreises wieder be-

[1]) a. a. O. S. 397.

gegnen müssen[1]). Daraus ergibt sich aber für n Punkte der Wert $\frac{\pi}{n}$! Marbes Formulierung würde ja eine Vervierfachung der Bilderzahl involvieren. Man wird meinen, das sei ein Versehen oder gar ein Druckfehler. Dem ist aber nicht so, denn es heißt weiter, daß das Auge bei gleicher Rotationsrichtung erst nach Drehung der Scheiben um $\frac{\pi}{n}$ ein neues Phasenbild erblickt. Das ist nun völlig verkehrt. Denn unter den fraglichen Bedingungen — es handelt sich ja immer um gleiche Geschwindigkeiten — gibt es im Gegensatz zur gegengleichen Rotation gar keinen reellen Koinzidenzpunkt beider Scheiben. Der scheinbare aber, der allein in Frage kommt, hat natürlich überhaupt keinen festen Wert, da er unter anderem von der jeweiligen Entfernung der beiden Scheiben abhängt. Der Weg von einem Koinzidenzpunkt zum anderen muß aber jedenfalls größer sein als $\frac{2\pi}{n}$, da selbst dieser Wert nur unter solchen Umständen erreichbar ist, die den empirischen Bedingungen der Stroboskopie widersprechen. Die Angabe Marbes wird also nicht einmal dann richtig, wenn man annimmt, er habe etwa die Größen π und 2π mit einander verwechselt! Doch alles das soll ja nur eine Interpretation der Fischerschen Ergebnisse sein, auf welche ausdrücklich verwiesen wird. Werden wir dann nicht dieselbe Behauptung auch bei Fischer finden? Nicht im mindesten: dort steht ganz richtig $\frac{\pi}{n}$ als der entsprechende Wert für die gegengleich rotierenden Scheiben, und für die gleichgerichtete Bewegung fehlt, wie begreiflich, die mathematische Formulierung überhaupt. Es handelt sich also bei Marbe um eine »Verbesserung« Fischers aus eigener Initiative, d. h. um freie Erfindung.

Endlich wird versucht, eine wichtige Regel, die Fischer auf empirischem Wege gefunden hatte, als unmittelbare Folge des Talbotschen Gesetzes hinzustellen. Hiervon war schon die Rede[2]): auch die petitio principii, mit deren Hilfe Marbe erreicht, was er erreichen will, war schon hervorgehoben: er faßt nämlich den stroboskopischen Effekt a priori als Verschmelzung! Doch es sei das für den Augen-

[1]) Vgl. oben S. 17.

[2]) S. 33 f.

blick einmal wirklich zugegeben. Dann beweist Marbes Gedankenführung aber noch immer nichts für die Richtigkeit von Fischers Gesetz.

Der Ausgangspunkt ist dieser: Das Dädaleum läßt ohne Unterbrechung und in periodischem Wechsel zwei Reize auf das beobachtende Auge wirken: erstens je ein Phasenbild, den Spaltreiz also, zweitens aber den dunkleren Lichtreiz, der immer hinter jedem Spaltreiz vom Mantel des Apparates selber ausgeht. Aus diesen beiden Reizen entsteht nun hier wie in allen solchen Fällen um so leichter eine konstante Mischempfindung, je mehr — unter sonst gleichen Umständen — die Wirkungsdauer des einen Reizes im Verhältnis zu der des anderen zurücktritt, oder in Marbes Worten: Die kritische Periodendauer für sukzessive periodische Reize ist um so größer, je größer[1]) die Differenz der Dauer dieser Reize ist. Diese Differenzvergrößerung läßt sich natürlich auf zwei Wegen erreichen: erstens können wir die Dauer der Spaltreize noch mehr gegen die der dunklen Reize zurücktreten lassen, als dies ohnehin schon der Fall ist — das würde (unter der obigen Voraussetzung) allerdings das Fischersche Gesetz ergeben. Zweitens aber könnten wir auch die dunklen Reize mehr und mehr zurücktreten lassen: gehen wir von einer Versuchsanordnung aus, in der beide Reize immer gleich lange wirken, so ergäbe sich nunmehr, daß eine weitere Vergrößerung der Spaltreize den stroboskopischen Effekt begünstigt. Das wäre aber genau das Gegenteil des Fischerschen Gesetzes!

X. Die »Verschmelzung«.

All das führt auf die Hauptfrage. Von Verschmelzung ist immer die Rede. Was aber verschmilzt eigentlich? Die Phasenbilder oder die Lichtreize, die vom Apparat aus unser Auge treffen? Beides scheint auf ganz dasselbe hinauszulaufen. In Wahrheit handelt es sich um völlig verschiedene Dinge. Für Marbe aber fallen sie zusammen. Er ist anscheinend der Meinung, es werde jedesmal mit dem Spalte zugleich auch das Bild dargeboten. Wie aber aus unseren Beobachtungen wohl jetzt schon folgt, wird jedes der Bilder zwar

[1]) a. a. O. S. 398. Dort heißt es allerdings umgekehrt »je geringer«, ein offenbares Versehen, die richtige Formulierung befindet sich S. 387.

auch sukzessiv, aber doch in anderer Weise exponiert als die Spalte: es wirkt nämlich als permanent gegebene, ruhende Einheit. Nehmen wir an, der stroboskopische Effekt sei eingetreten und die applizierten Reize vollkommen verschmolzen. Sind damit zugleich auch die Bilder verschmolzen? Zweifellos nicht, oder genauer: wenn man schon von Verschmelzung reden will, so hat das Wort hier einen ganz anderen Sinn. Bei unbewegtem Apparat heben sich die einzelnen Spalten deutlich von ihrer dunklen Umgebung ab — besonders, wenn sie von innen beleuchtet werden, wie wir annehmen wollen. Ist aber Verschmelzung eingetreten, so kann weder von den Spalten noch von den Wänden zwischen ihnen etwas bemerkt werden, sondern beide bilden eine einzige homogene Einheit. Ganz anders die Bilder: sie zeigen nichts weniger als eine solche Einheit: vielmehr erscheinen sie hinter diesem durchsichtigen Kontinuum, aber durchaus nicht »verschmolzen«, sondern im Gegenteil als einzelne, deutlich unterschiedene Bilder. Während die Konturen der Spalten verschwunden sind, sind die der Bilder vorhanden und recht gut erkennbar. Kurz: ebensowenig wie ein rotierender Episkotister jemals eine Verschmelzung der Reize zustande bringen kann, die von den hinter ihm sichtbaren Gegenständen ausgehen, braucht eine Verschmelzung der Spaltreize eine solche der stroboskopischen Bilder zu bewirken oder mit sich zu bringen. Freilich: in beiden Fällen wird erreicht, daß tatsächlich vorhandene Unterbrechungen uns nicht zum Bewußtsein kommen, es wird also der Schein einer kontinuierlichen Folge erweckt: das mag man immerhin Verschmelzung nennen, nur gibt man damit dem Worte eine neue Bedeutung.

Nicht Marbe selbst, sondern sein Schüler Dürr scheint der Erkenntnis dieser wichtigen Tatsache einmal nahe gekommen zu sein[1]). »In dem Auge, — so heißt es bei ihm — das stroboskopische Erscheinungen sieht, gleicht sich nicht die verschiedene Reizung der einzelnen Netzhautbezirke im einen Zeitteil durch die jeweils entgegengesetzte im nächsten Zeitteil vollständig aus. Es bleibt vielmehr die Gesamtreizung der verschiedenen Netzhautbezirke eine verschiedene.«

---

[1]) Dürr, a. a. O. (Philos. Stud. Bd. 15, S. 506.)

Das sind nun freilich zwei bedenklich rückgratlose Sätze: man kann aus ihnen alles und gar nichts herauslesen. Die sukzedierenden Reize also gleichen sich nicht vollständig aus! Aber gleichen sie sich denn überhaupt aus? Was bedeutet denn dieser Ausgleich, von dem vorher niemals die Rede war? Die Wahrheit, die auch Dürr letzten Endes im Sinne hat, ist einzig diese: die fraglichen Reize bewirken keine Mischempfindung, d. h. in Marbes Ausdrucksweise: sie verschmelzen nicht. Freilich: das durfte Dürr nicht sagen, er hätte ja damit seiner, d. h. Marbes Grundanschauung widersprochen. Darum wählte er das matte und nichtssagende Wort »sich ausgleichen«. Auch der zweite Satz ist verschiedener Deutungen fähig. Die Reizung der Netzhautbezirke bleibt verschieden. Ist damit gemeint, daß der Reizvorgang auf der Retina während des stroboskopischen Sehens sich von Moment zu Moment ändert wie bei rotierenden Scheiben vor Eintritt der Verschmelzung? Das wäre falsch, weil zu einseitig: gerade unsere ersten Versuche mit dem Dädaleum, bei denen lauter gleiche Bilder in derselben Höhenlage exponiert wurden, zeigen einen ständig gleichbleibenden Netzhautprozeß. Oder bedeutet der Satz, daß die physikalischen Bedingungen der Netzhautreizung verschieden bleiben? Das ist gewiß richtig, involviert aber nicht den mindesten Unterschied von den rotierenden Scheiben.

Halten wir uns nur an solche Fälle der Stroboskopie, wie sie Marbe und Dürr ausschließlich betrachtet haben, so kann gar kein Zweifel bestehen: hier sind allerdings Verschmelzungen vorhanden und zwar auch Verschmelzungen im Marbeschen Sinne, also Mischungen, sogar vollständige Mischungen; nur ist das, was da verschmilzt oder gemischt wird, nicht die vorgeführte Reihe der Bildreize, sondern das entsprechende beharrende und einheitliche Bild einerseits und die dunklen Reize des Dädaleummantels andererseits. Die Entstehung dieses einheitlichen Bildes aber ist das von der Verschmelzungsfrage ganz und gar unabhängige eigentlich stroboskopische Problem — wie wir im Grunde längst schon wissen.

Fischer sah hier viel klarer: er spricht niemals von Verschmelzung, und wenn er von Nachbilderscheinungen redet, so meint er damit etwas ganz anderes als Marbes Verschmelzung. Als Dauer

des Eindrucks insbesondere gilt ihm die Zeit, während der das einzelne Phasenbild sichtbar ist. Freilich verfiel er dabei in den entgegengesetzten Fehler: das Wesen der Spaltbewegung blieb ihm verborgen und ganz konsequent hielt er deshalb stroboskopische Vorgänge bei ruhendem Spalt für möglich.

Drei Fragen sind bei stroboskopischen Experimenten streng zu scheiden:

Erstens: welche Reize kommen überhaupt in Betracht?

Zweitens: wie bewirkt der gegebene Apparat mit Hilfe dieser Reize den Effekt?

Drittens: worin besteht dieser stroboskopische Effekt überhaupt, und worauf beruht er?

Man erkennt die sekundäre Bedeutung der zweiten Frage: sie bezieht sich auf die Technik der Versuche und steht in gleichem Range etwa mit jener, auf welche Art man die Verbrennung eines gegebenen Stoffes bewerkstelligt: niemand wird behaupten wollen, es sei damit der Verbrennungsprozeß selber erklärt. Die dritte Frage hingegen ist die wichtigste: auf sie beschloß ich mein Hauptaugenmerk zu richten und die zweite nur in soweit zu beantworten, als dies im Interesse der dritten unbedingt geboten schien.

Marbes Untersuchungen dringen nicht einmal völlig bis zur ersten Frage vor. Sie beziehen sich nur auf mehr oder minder interessante Experimente am Stroboskop, über den Mechanismus der eigentlichen Täuschung aber bringen sie ebensowenig Aufklärung, als etwa eine Abhandlung über die Geschwindigkeit der Automobile über den Mechanismus solcher Fuhrwerke Aufklärung zu bringen vermöchte. Das wird sich noch weiter bestätigen.

Die für die stroboskopische Täuschung ausschlaggebenden Tatsachen zu eliminieren, sie aus der verwirrenden Fülle der am Apparat auftretenden Erscheinungen herauszuheben, war mein Ziel. Dazu erwies sich aber der Streifen von 72 Spalten, den Fischer benutzte, als ungeeignet. Ich verringerte daher die Zahl der Öffnungen auf vierundzwanzig. Zugleich erhöhte ich ihre Breite von 3 auf 7 mm. Die Intensität der Reize (die schon bei 2 mm Spaltbreite nicht mehr genügte) wurde dadurch bedeutend verstärkt, ohne daß die Konturen sich merkbar verwischt hätten. Der Durchmesser des Apparates

betrug 70 cm[1]). Das Innere des Zylinders wurde durch eine elektrische Glühlampe erleuchtet. Zwischen Apparat und Beobachter, von beiden etwa 4 cm entfernt, war ein Pappschirm aufgestellt, welcher den Apparat vollkommen verdeckte. In diesem Schirm nun befand sich wieder eine enge (3 mm breite) Öffnung, durch die beobachtet wurde: sie hatte den Zweck, stets ein Bild zu isolieren. Schon Fischer benutzte eine solche Blendvorrichtung — daß sie sich bei ihm im Innern des Apparates befand, tut natürlich nichts zur Sache. In beiden Fällen bieten sich die gleichen Vorteile. Zunächst wirken die Nachbarbilder immer störend auf die Konzentration der Aufmerksamkeit. Dann aber tritt der Effekt (wie Fischer festgestellt hatte) leichter ein, wenn nur ein Punkt gesehen wird. Endlich dient die Vorrichtung auch noch zur Fixation und macht daher das Fernrohr entbehrlich.

Die Verzerrungserscheinungen machen sich bei den Dimensionen des Apparates und der relativ geringen Entfernung des Beobachters in keiner Weise störend bemerkbar.

Ich verdeckte nun sämtliche Spaltöffnungen bis auf eine einzige; ihr gerade gegenüber brachte ich das Objekt an: es war wieder ein kleiner Kreis, nur diesmal von 1 cm Durchmesser und schwarz auf dem natürlich weißen Grunde der Innenfläche des Zylinders. Lassen wir nun rotieren, so wird (wie zu erwarten) wieder das Kommen und Gehen des Bildes gesehen: bei genügend schneller Rotation aber erscheint es ruhend. Es unterliegt keinem Zweifel, daß hier bereits von einem stroboskopischen Effekt gesprochen werden muß und zwar in in demselben Sinne wie früher bei der Rotation zweier Speichen[2]): die Identität besteht zwar auch objektiv, aber sie (d. h. alles, was für uns normaler Weise die objektive Identität ausmacht) ist nicht die Ursache der subjektiv wahrgenommenen. Anders, wenn

---

[1]) Die ersten Versuche wurden mit einem Durchmesser von nur 42 cm angestellt: es handelte sich dabei um die Möglichkeit einer etwaigen »Auslöschung« von Nachbildern: sie führten jedoch zu keinem brauchbaren Ergebnis und sind deshalb hier nicht erwähnt. Auch machten sich bei diesem kleinen Umfang die Verzerrungserscheinungen z. T. störend bemerkbar. Ich habe auch Versuche mit noch größerem Durchmesser als dem im Text angegebenen unternommen: doch erwiesen sich diese großen Dimensionen als unvorteilhaft: besonders aus Gründen der praktischen Handhabung.

[2]) Vgl. oben S. 17 f.

wir mit mehreren Objekten operieren, wie in den ersten orientierenden Versuchen. Schalten wir alle vierundzwanzig Spaltöffnungen ein nebst den zugehörigen ganz und gar gleichartigen Objekten, so unterscheidet sich die Erscheinung, sobald der Effekt vorhanden ist, durchaus nicht von der vorigen: es ist aber jetzt objektiv überhaupt keine Identität mehr vorhanden. Der eine Punkt, der dauernd an derselben Stelle gesehen wird, besteht zeitlich genommen aus allen vierundzwanzig Punkten. Denken wir uns irgendwo ohne Apparat ein Bild aufgestellt, das jemand rasch durch einen Schirm verdeckt und während der Verdeckung mit einem anderen ihm völlig gleichenden vertauscht, so wird sich — wie uns ja bereits bekannt — dem Beobachter der Objektwechsel durch nichts unmittelbar verraten: es wird ihm scheinen, als sehe er ständig (sofern der Vorgang sich nämlich noch öfter wiederholt) denselben Punkt: er wird mit anderen Worten eine Identifikationstäuschung erleben. Es ist klar, daß diese Täuschung um so zwingender werden muß, je geringer die Zeit ist, die die Verdeckung in Anspruch nimmt. Ist sie schließlich so kurz geworden, daß das Bild des schon erblickten Punktes in der Wahrnehmung bis zur Exposition des neuen andauert, so wird die Täuschung offenbar ihren Höhepunkt erreicht haben: ein unmittelbares Identitätsbewußtsein, d. h. eine unmittelbar gegebenen Einheitlichkeit muß vorhanden sein.

Nun brauchen wir nur die menschliche Hand durch eine mechanische Vorrichtung zu ersetzen, und wir gelangen — nicht etwa zum Stroboskop, sondern (wie sich aus früheren[1]) Erörterungen direkt ergibt) zum Kinematographen (bzw. Kinematoskop).

In beiden Fällen sind aber zwei Aufgaben zu erfüllen. Zuerst muß der tatsächliche Wechsel der Objekte verdeckt werden: dazu ist ganz gewiß kein Nachbild- oder Verschmelzungsprozeß erforderlich: solange das Wegschaffen des alten und das Herbeibringen des neuen Bildes andauert, solange übt der Schirm seine Wirkung aus: der Bildtransport bleibt verdeckt — mögen nun Nachbilder vorhanden sein oder nicht. Die zweite Aufgabe aber ist nun, diese Verdeckung ihrerseits wieder dem Beobachter möglichst unbemerkbar zu machen und damit eben jenes unmittelbare Identitätsbewußt-

[1]) Vgl. oben S. 27.

sein herbeizuführen. Das geschieht auf zwei Wegen. Zunächst durch Abkürzung der objektiven Verdeckungszeiten: wäre es möglich sie völlig verschwinden zu lassen, so würde dies allein schon genügen, um »Verschmelzung«, d. h. den Eindruck der Kontinuität zu erreichen. Das geht aber nicht an: hier kommt nun die Nachdauer der Reize zu Hilfe. Sie ist imstande die genügend kurze Verdeckung vollständig zu überbrücken, so daß sie zuletzt gar nicht mehr bemerkt wird.

Der auf solche Weise erreichte lückenlose Übergang einer Wahrnehmnng in die andere, diese sich vor unseren Augen vollziehende Verwandlung wäre mit viel größerem Rechte Verschmelzung zu nennen als Marbes Mischungsvorgänge. Reize, die physikalisch genommen in Intervallen aufeinander folgen, führen für unser unmittelbares Bewußtsein zu einer kontinuierlichen Folge von Wahrnehmungen. Das so entstehende nichtphysikalisch begründete Kontinuitätsbewußtsein könnte als Grundtatsache der Verschmelzung angesehen werden. Erst die weitere Erfahrung, daß solche Verschmelzung in der Dauer der Netzhautreize (also in Nachbildwirkungen) ihren zureichenden Grund hat, führt auf physiologisches Gebiet. Immer aber bleibt im Gegensatz zur Mischung die zeitliche Trennung der einzelnen Wahrnehmungen erhalten.

Mit welchem Rechte konnte ich aber dann vorhin behaupten, auch beim Stroboskop seien Mischungsvorgänge zu konstatieren? Nun: Mischung und Verschmelzung schließen sich gegenseitig nicht aus. Gefordert ist nur, daß ein gegebener Reiz bis zum Beginn des folgenden verharrt: damit aber verträgt sich aufs beste die Tatsache, daß die einzelnen wirkenden Reize selber wieder Mischungsprodukte sind: natürlich! irgend ein Grau, das durch Mischung, etwa auf einer rotierenden Scheibe entstanden ist, kann gerade so gut ein Nachbild erzeugen wie jedes andere Grau sonst auch.

Das läßt sich nun auf die stroboskopischen Tatsachen übertragen. Denken wir wieder an unser einfaches Gedankenexperiment. Der Reiz wird verdeckt und durch den neuen ersetzt. Der Schirm aber, der zur Verdeckung dient, kann selber wieder eine Reizwirkung ausüben: dieser Zwischenreiz mischt sich dann einfach mit dem »Nachbilde« des vorigen. All das hindert aber nicht, daß der so erzeugte Mischreiz bis zum Beginn des folgenden direkten Reizes be-

stehen bleibt, wenn auch mit entsprechender Verminderung der Intensität. Je heller oder je intensiver beleuchtet der Verdeckungsschirm ist, um so deutlicher tritt natürlich die Mischung als solche hervor, d. h. um so schädlicher ist ihre Wirkung: deshalb eben macht man ja den Mantel des Dädaleums so matt und so dunkel wie möglich. Es braucht hier nicht untersucht zu werden, ob diese störenden Einflüsse sich nicht schließlich so weit vermindern lassen[1], daß sie praktisch nicht mehr in Frage kommen, richtig ist jedenfalls: soweit sie in Frage kommen, gelten Marbes Mischungsgesetze durchaus für sie, freilich auch nur für sie. Und das heißt mit anderen Worten, die »stroboskopischen« Gesetzmäßigkeiten dieses Autors beziehen sich in Wahrheit auf Erscheinungen, die der Deutlichkeit der stroboskopischen Bilder schädlich sind.

Aber sogar unser neuer Begriff der Verschmelzung befindet sich, rein als solcher genommen, noch ganz und gar jenseits der stroboskopischen Frage. Denn er gilt offenbar völlig unabhängig von der Art und Kombination der exponierten Bilder: nur lückenlose Aufeinanderfolge fordert er, nichts weiter. Reguliert man die Geschwindigkeit eines Stroboskops so, daß bei Exposition einer normalen, d. h. stroboskopisch abgestimmten Bildreihe die Täuschung deutlich und in der gewöhnlichen Weise eintritt, so ist hier natürlich Verschmelzung in unserem Sinne vorhanden: bei dem vierundzwanzigfenstrigen Dädaleum genügen dazu Intervalle von $\frac{1}{5}$ Sek. bereits vollkommen. Nun aber ersetzte ich die Phasenbilder durch solche, die ganz willkürlich kombiniert waren: einem dunklen Kreise ließ ich ein helles Kreuz folgen, dann erschien eine homogene rote Fläche, endlich ein Landschaftsbild usw. An einem stroboskopischen Effekt wird hier wohl niemand mehr denken: Verschmelzung aber besteht noch genau so wie vorher, d. h. die Bilder folgen vollkommen lückenlos auf einander und die Ursache dieser Kontinuität ist hier wie dort die Nachbildwirkung. Also kann auch Verschmelzung in unserem Sinne niemals die alleinige Ursache des stroboskopischen Effektes sein. Die Hauptsache aber ist, daß bisher noch durch nichts bewiesen wurde, daß sie überhaupt dessen Ursache ist. Daß sie

---

[1]) Diese Betrachtungen setzen übrigens die Richtigkeit von Marbes Anschauungen über das Talbotsche Gesetz voraus.

die Deutlichkeit der Erscheinung begünstigt, steht natürlich von vornherein außer Zweifel. Gesetzt aber, es gäbe stroboskopischen Effekt auch ohne Verschmelzung, so enthielte die Behauptung, er beruhe auf ihr, denselben logischen Fehler wie etwa die, daß Mondfinsternisse auf unbewölktem Himmel beruhten, während dieser doch nur der Erscheinung zu deutlicherer Wahrnehmung verhilft.

XI. Psychologie der stroboskopischen Technik.

Nun haben wir aber noch eine wichtige Ergänzung vorzunehmen. Unsere Betrachtungen gingen vom theoretisch einfachsten Falle aus: wir nahmen an, die einzelnen Phasenbilder würden bereits ruhend exponiert. Dieser einfachste Fall ist aber nur beim Kinematographen verwirklicht. Das Stroboskop dagegen hat die Ruhe der dargebotenen Bilder als subjektive Tatsache erst herzustellen, und das ist, wie wir wissen, wieder durch Nachbildwirkung möglich. Die Nachbilder erfüllen also nunmehr einen doppelten Zweck. Erstens dienen sie, wie bisher, zur Abkürzung der Zwischenpausen, zweitens aber zur Herstellung der scheinbaren Ruhe. Gar nicht genug kann betont werden, daß dies letzte eine rein technische Bedeutung hat: es gilt eben nur für solche Versuchsanordnungen, in denen die Bilder während ihrer Exposition in Bewegung begriffen sind. Unglücklicher Weise sind nun aber Beziehungen, die sich aus dieser bloß technischen Tatsache ergeben, beständig mit den prinzipiell stroboskopischen vermengt worden.

Damit meine ich folgendes: Wenn der stroboskopische Effekt erzielt werden soll, muß ein gewisses relativ geringes Intervall vorhanden sein. Es muß aber zweitens eine relativ große Rotationsgeschwindigkeit vorhanden sein: denn nur bei einer solchen können die Bilder simultan gesehen werden, nur bei einer solchen ist also der schlechterdings notwendige Ruheeffekt zu erwarten. Nun vertragen sich aber kurze Intervalle aufs beste mit geringen Rotationsgeschwindigkeiten: wir haben ja nur nötig, die Abstände der Spalte auf dem Zylinder zu verkleinern. Ein und dieselbe Intervallgröße kann also je nach der Rotationsgeschwindigkeit ganz verschiedene Bedeutung haben. Es ist prinzipiell verkehrt, die Intervallgröße ausschließlich für den Eintritt des stroboskopischen Effekts verant-

wortlich zu machen: denn dieser kann bei völlig gleichem Intervall bald vorhanden sein, bald fehlen, je nach der Schnelligkeit der Umdrehung[1]. Auch scheint die Annahme nahe zu liegen, daß ein fester Wert der Rotationsgeschwindigkeit existiert, unterhalb dessen stets die Eigenbewegung des exponierten Bildes gesehen wird, unterhalb dessen also niemals stroboskopischer Effekt eintreten kann, mögen die Intervalle auch noch so klein sein.

Es fragt sich, welche Auskunft das Experiment gibt. Durch Aus- und Einschaltung von Spalten konnte ich die Größe der Intervalle unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit — wenn auch nicht ganz beliebig — variieren. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über meine Ergebnisse.

Ich wählte absichtlich möglichst große Intervalldifferenzen, um etwaige bloß individuelle Schwankungen von vornherein zu eliminieren: ich bekam denn auch von den betreffenden Beobachtern[2]) völlig gleichlautende Antworten. Unter stroboskopischem Effekt ist zunächst die bloße Identifikationstäuschung verstanden, doch werden wir bald erfahren, daß es zur Herstellung einer Scheinbewegung, also eines stroboskopischen Effekts im engsten Sinne, nur einer ganz unerheblichen Modifikation bedarf, durch welche die an dieser Stelle mitgeteilten Werte nicht betroffen werden[3]. Die Erscheinung des »Kommens und Gehens« der Phasenbilder, also das Ausbleiben jenes so überaus wichtigen Ruheeffektes habe ich kurz als »Eigenbewegung« bezeichnet.

Die Tabelle IV zeigt, daß tatsächlich, wie zu vermuten war, die Intervalle allein nicht ausreichen. Wir sehen bei ganz gleichen Intervallen den Effekt bald eintreten, bald ausbleiben, je nach der betreffenden Rotationsgeschwindigkeit. Auffällig aber ist dieses: unsere Erwartung, daß bei solchen Geschwindigkeiten, bei denen die objektive Bildbewegung gesehen wird, der stroboskopische Effekt unter allen Umständen ausgeschlossen ist, scheint in keiner Weise

---

[1]) Soweit im folgenden dennoch bloß die Intervallgröße angegeben ist, geht aus dem jeweiligen Zusammenhang die Überflüssigkeit weiterer Angaben hervor: ist nämlich der strob. Effekt überhaupt erst eingetreten, so können für dessen speziellere Modifikationen natürlich nur noch die Intervalle verantwortlich gemacht werden.

[2]) Den Herren Dr. Dr. Heidenhain, Kurtz, Churchill, Peters und Köhler.

[3]) Nur der höchste Wert 0,8 Sek. sinkt bei manchen Beobachtern um einige Hundertstelsekunden herab; vgl. S. 89.

bestätigt: sobald nur die Intervalle genügend klein geworden sind, stellt er sich vielmehr trotzdem ein.

Keinesfalls brauchen wir indes darum unsere Grundanschauung aufzugeben, nach der der Ruheeffekt die conditio sine qua non unserer Täuschung ist: denn in allen Fällen, in denen stroboskopische Wirkungen auftreten, wird niemals auch nur eine Spur von Eigenbewegung wahrgenommen. Zugleich ist die tatsächlich wahrgenommene Ruhe so deutlich gekennzeichnet und von der anderen

Tabelle IV.

Dauer einer Umdrehung	Intervall	Effekt
9,6 Sek.	0,4 Sek.	Eigenbew.
9,6 »	0,8 »	Eigenbew.
6,0 »	1,0 »	Eigenbew.
4,8 »	0,2 »	strobosk.
4,8 »	0,4 »	Eigenbew.
4,8 »	0,8 »	Eigenbew.
2,4 »	0,2 »	strobosk.
2,4 »	0,4 »	strobosk.
2,4 »	0,8 »	Eigenbew.
2,0 »	1,0 »	Ruhe, aber kein strobosk. Effekt
1,6 »	0,8 »	strobosk.
1,2 »	0,4 »	strobosk.
1,2 »	0,2 »	strobosk.

Erscheinung abgegrenzt, daß darüber gar kein Irrtum möglich ist. Nur das müssen wir allerdings zugestehen: kurze Intervalle wirken offenbar unterstützend auf den Eintritt des Ruheeffekts. Und das ist aus unseren Voraussetzungen gar nicht unverständlich. Wir wissen ja von früheren Betrachtungen her, daß zur Erzeugung des Ruheeffektes nicht bloß das simultane Sehen des Objektes selbst, sondern wegen assimilativer Einflüsse auch das eines Teiles seiner Umgebung in Betracht kommt, und der Eindruck der Ruhe wird um so sicherer erzielt werden, je größer die simultan gesehene Umgebung ist: das ist aber bei relativ schneller Rotation der Fall. Nimmt die Geschwindigkeit mehr und mehr ab, so wird es schließlich einen Punkt geben, wo zwar schon Eigenbewegung gesehen

wird, aber doch noch der Eindruck der Ruhe erzielt werden kann, wenn nur auf irgend eine Weise erreicht wird, daß die Bewegung der Nachbarteile unbemerkt bleibt. Nehmen wir nun an, die Intervalle seien sehr klein, es tauche also an der Stelle, wo eben ein Punkt verschwindet, ein Punkt von genau demselben Aussehen wieder auf, oder er verschwinde gar — bei Verschmelzung — überhaupt nicht, so muß das offenbar der Vorstellung einer Bewegung der Nachbarteile aufs stärkste entgegenwirken. Das geschieht hingegen nicht, wenn bei derselben Geschwindigkeit, aber einem größeren Intervall der Punkt relativ lange Zeit verschwunden bleibt: denn dann wird die gesehene Bewegung der Nachbarteile eben die Wirkung ausüben, die sie normaler Weise ausüben muß.

Wir können also kurz sagen: Verschmelzung unterstützt den Ruheeffekt. Da nun der stroboskopische Effekt wiederum durchaus vom Ruheeffekt abhängt, so wird die große Überschätzung, die das Verschmelzungsphänomen bisher erfahren hat, allerdings verständlich. Von um so größerer Wichtigkeit ist es aber deshalb, nunmehr mit solchen Umdrehungsgeschwindigkeiten zu arbeiten, bei denen derartige unterstützende Wirkungen gar nicht mehr in Frage kommen können. Denn dann erst liegen die einfachsten Bedingungen vor. Wir haben dazu bloß die Intervalle so sehr zu vergrößern, daß trotz recht erheblicher Geschwindigkeit an Verschmelzung nicht mehr zu denken ist: eine solche Kombination ist uns sogar schon begegnet. In Nr. 10 unserer Tabelle handelt es sich um einen Wert, bei dem bloß Ruhe gesehen wird und nichts weiter: d. h. es besteht hier bloß das Phänomen unserer orientierenden Versuche mit einmaliger Bewegung von Bild und Spalt: von einer Identifikation, von einer Aufeinanderbeziehung der aufeinanderfolgenden Expositionen ist keine Rede mehr: jeder begünstigende Einfluß kurzer Intervalle oder gar der Verschmelzung ist ausgeschlossen. Genauere Untersuchung zeigte, daß bereits bei einer Geschwindigkeit von 2,18 Sek.[1]) für eine volle Umdrehung der Effekt der Ruhe ohne unterstützende Momente eintritt: mithin muß er bei allen Geschwindigkeiten, die diesen Wert übertreffen, erst recht

[1]) Es handelt sich um den Mittelwert aus zwölf Versuchen, bei deren einer Hälfte Herr Dr. Heidenhain (2,21 Sek. i. Mittel) und bei deren anderer der Verfasser (2,15 Sek. i. M.) beteiligt war.

von der Intervallgröße unabhängig sein. Wir erhalten somit ein einfaches Mittel, zugleich auch die stroboskopischen Wirkungen so sehr von den Verschmelzungsphänomenen zu isolieren, als dies der Natur der Sache nach möglich ist: ja wir haben, wie unsere Tabelle zeigt, durch dieses Mittel sogar schon ein wichtiges Ergebnis erzielt. Doch davon später.

Die Grundlage der vorstehenden Betrachtungen war die Tatsache, daß kleine Intervalle und namentlich die dann eintretende Verschmelzung den Ruheeffekt unterstützen. Diese Tatsache hatten wir zu erklären gesucht. Kleine Intervalle — so sagten wir — zeigen beständig ein für identisch gehaltenes Objekt an derselben Stelle: der dadurch entstehende oder vielmehr besonders anschaulich gewordene Eindruck der Ruhe ist so stark, daß die tatsächlich in Bewegung gesehene unmittelbare Umgebung des Objektes ihren normalen störenden Einfluß nicht geltend machen kann. Entspricht das der Wirklichkeit, so ist es letzten Endes gar nicht die Verschmelzung, die den Ruheeffekt unterstützt, sondern die bei der Verschmelzung soviel leichter eintretende Identifikation gleichartiger Bilder. Es gibt also gar keine bessere Probe auf die Richtigkeit unserer Anschauung als die Aufhebung dieser Gleichartigkeit. Das heißt: wenn statt mehrerer Bilder immer nur ein einziges während einer ganzen Umdrehung exponiert wird, und im übrigen unter jedem Spalt an Stelle des Phasenbildes nur die weiße Dädaleumswand sichtbar ist, so muß die unterstützende Wirkung der kurzen Intervalle und damit der Ruheeffekt aufhören. Ja, noch mehr: durch Verquickung beider Expositionsmethoden muß sich schließlich je nach den betrachteten Bildern Ruheeffekt und Eigenbewegung gleichzeitig ergeben. Das scheint paradox, aber gerade dieses Paradoxe wird durch das Experiment verwirklicht!

Um nun die doppelte Exposition nebeneinander zu ermöglichen, benutzen wir zunächst die Spalte selbst als Bilder: wie ich schon bei Beschreibung der Stampferschen Scheibe[1]) angedeutet habe, liegt das sehr nahe: blicken wir während der Rotation wie gewöhnlich durch die vorderen Spalte hindurch, so sehen wir auf der Hinterwand des Dädaleums eine Reihe senkrechter, schwarzer Streifen, die Spalte

[1]) Vgl. oben S. 25 f.

der anderen Seite. Vertikal unterhalb eines solchen Streifens nun, genau an der Stelle, an der sich auch sonst die Bilder befanden, brachte ich den üblichen schwarzen Kreis an, während ich alles übrige frei ließ.

Schon bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 8, 06 Sec. für eine Umdrehung[1]) wurden die Spalte ruhend gesehen, keineswegs aber der Kreis: ihn konnte man bequem in seiner Bewegung verfolgen. Es entsteht also ein ganz merkwürdiges Phänomen: die obere Hälfte des Gesichtsfeldes scheint still zu stehen, die untere sich zu bewegen. Das hört auf, sobald es gelingt, Bild und Spalt zu einer einzigen Einheit zusammenzufassen, sodaß also der Punkt gewissermaßen als Marke am Spalte erscheint: dann bewegen sich — so weit diese Marke im Gesichtsfelde ist — auch die Spalte; doch ist es nicht leicht, eine solche Zusammenfassung zu ermöglichen.

Lassen wir nun die Geschwindigkeit weiter wachsen, so tritt natürlich schließlich auch für den Kreis der Ruheeffekt ein. Der Wert, der sich hierbei ergab (2,06 Sek.), entspricht sehr annähernd dem Grenzwerte, den wir früher für den Ruheeffekt überhaupt gefunden hatten[2]) — was ohne weiteres aus unseren Annahmen verständlich ist.

Ich denke, dieses Experiment ist deutlich, und die Evidenz meiner Annahme dürfte sich kaum schlagender erweisen lassen. Der Einfluß der Umgebungsbewegung zeigt sich aber noch in anderen Tatsachen, die als solche schon bekannt sind, jedoch bisher eine andere Deutung gefunden haben.

Wir wissen, daß der stroboskopische Effekt um so leichter eintritt, je weniger Punkte nebeneinander sichtbar sind. Fischer hat dies bereits experimentell bewiesen und zwar vollkommen einwandfrei: dagegen ist seine theoretische Begründung (die Marbe unbedenklich akzeptiert hat), wie mir scheinen will, kaum aufrecht zu erhalten. Fischer deutet die Schwingbewegung der Punkte, in welcher bei seinen Versuchen der stroboskopische Effekt bestand, einfach als Zuordnung in vertikaler Richtung, die Wahrnehmung der Eigen-

[1]) Auch hier kommen je sechs Versuche in Frage:
8,01 Dr. Heidenhain,
8,11 Verfasser.

[2]) Vgl. S. 79.

bewegung dementsprechend als seitliche Zuordnung[1]). Sind nun mehrere Punkte nebeneinander sichtbar, so kann man — wie er meint — bei geringer Geschwindigkeit ihre Zuordnung seitlich oder vertikal vornehmen: beides ist gleich gut möglich; erst bei rascher Folge macht sich ein Zwang geltend, die Zuordnung in der einfachsten Weise vorzunehmen, »die einfachste Art der Zuordnung war aber bei dem benutzten Bilderstreifen gerade die beim Aufzeichnen der Bilder beabsichtigte«.

Ich frage zunächst: wieso ist das der Fall? Die einfachste Zuordnung ist doch gewiß die, welche wir treffen, wenn uns der Streifen ohne Apparat vorliegt — also ganz gewiß nicht die vertikale. Und warum sollen ferner große Geschwindigkeiten die einfachste Zuordnung begünstigen? Vor allem aber verliert der Gegensatz von vertikaler und seitlicher Zuordnung ganz und gar seinen Sinn, wenn es sich um andere Objekte als Phasen schwingender Punkte handelt, und völlig entscheidend ist folgendes Experiment: wieder benutzen wir die Spalte als Objekte, statt jenes Kreises aber einen Bildstreifen, der ganz demjenigen Fischers entspricht, also die Phasen eines auf- und abschwingenden Punktes darstellt. Es zeigt sich jetzt, wie der stroboskopische Effekt oben und unten bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit, also in einem und demselben Versuche zugleich auftritt, und auch die Abblendung ist auf beide Erscheinungen in völlig gleicher Weise wirksam: sie begünstigt also nicht nur die Identifikation der Spalte, sondern ebenso deutlich auch die Wahrnehmung der Schwingbewegung. Daraus folgt aber, daß es sich hierbei nicht wohl um eine bloße Zuordnung nach verschiedenen Richtungen handeln kann: denn soweit lediglich Identifikation vorliegt, fehlt ja von vornherein jede Möglichkeit, den Begriff der Richtung überhaupt anzuwenden. Tatsächlich ist auch der Eindruck, den wir bei den kritischen Geschwindigkeiten durch Wegziehen der Blendung erhalten, von dem vorangehenden toto genere verschieden, und das ist im Grunde selbstverständlich, da er ja mit demjenigen zusammenfällt, der sich überhaupt bei allen Geschwindigkeiten einstellt, die vor Eintritt des Ruheeffektes liegen. Zudem trifft es sich, daß Fischer gerade ihn sehr anschaulich beschrieben hat, in-

---

[1]) Fischer, a. a. O. S. 140.

dem er sagt, man sähe hier durch die Spalte hindurch den Streifen selber sich mit all seinen Bildern herumdrehen[1]). Das ist vollkommen richtig: man sieht die Drehung des Streifens, also die Bewegung der Umgebung, der Nachbarteile, und deshalb ist der stroboskopische Effekt ausgeschlossen. Genau das ist eben unser Prinzip; denn man erkennt jetzt sofort, warum die Abblendung so günstig wirken muß: was abgeblendet wird, ist eben die Umgebung, deren Bewegung, falls sie gesehen würde, auf assoziativem Wege den Ruheeffekt zerstören müßte. Je weniger Nachbarteile jedoch wahrgenommen werden, je weniger also der Streifen als Ganzes gesehen wird, um so günstiger liegen die Bedingungen für die Täuschung.

Dafür spricht noch weiter folgendes: Ich brachte in dem Blendschirm noch eine zweite Beobachtungsöffnung an, die aber kleiner war als die erste: sie maß nur noch 1 mm. Wählte ich nun eine solche Geschwindigkeit, bei der unter den jeweiligen Versuchsbedingungen der Effekt gerade aufhörte, wo also die obere Grenze gerade überschritten wurde, so konnte die eben verschwundene Täuschung sofort wieder hergestellt werden, wenn der Beobachter, der vordem durch die größere Öffnung geblickt hatte, nunmehr zu der kleineren überging. Aus unserem Prinzip des assoziativen Einflusses der Umgebung ist diese Tatsache ohne weiteres verständlich, wir haben eben durch fortgesetztes Abblenden diesen Einfluß noch weiter verringert; eine Zuordnung hingegen ist hier a priori ausgeschlossen, da es sich ja beidemal nur um einen einzigen Punkt handelt. Fischer spricht mehrfach[2]) von einer bis zu einem gewissen Grade »willkürlichen« Verschiebung der Grenze bei seinen Abblendungsversuchen: auch diese wird sich am ungezwungensten aus solcher Beteiligung assoziativer Faktoren erklären. Zugleich wird dadurch auch die Schwierigkeit verständlich, die sich der zahlenmäßigen Festlegung aller derartigen Subtilitäten entgegenstellt und die Fischer gleichfalls schon hervorgehoben hat[3]). Ich betone übrigens, daß die zuletzt erwähnte Tatsache von allen fünf Beobachtern, denen ich sie vorlegte, bestätigt wurde.

Nun das Wichtigste: auch die Grundtatsache unserer stroboskopi-

---

[1]) a. a. O. S. 139.

[2]) a. a. O. S. 139, 140.

[3]) a. a. O. S. 140.

schen Technik, die ausschlaggebende Bedeutung der Rotationsgeschwindigkeit für die Erreichung des Effektes, ist Fischer ihren Hauptdaten nach bereits bekannt gewesen. Er suchte — wie schon erwähnt[1]) — u. a. die Beziehungen zwischen Eindrucksdauer und stroboskopischer Wirkung zu ergründen und gelangte nach Fixierung der betreffenden numerischen Werte[2]) zu folgender Formulierung:

»Aus diesen Zahlen ergibt sich das natürlich nur approximativ gültige Gesetz, daß bei zwei Versuchen, die nur in der Dauer des Eindrucks jeder einzelnen Phase auf das Auge voneinander abweichen, die Zeitgrenzen sich umgekehrt verhalten wie die Zeiten, während welcher die Phasenbilder auf das Auge wirken«.

Etwas weniger umständlich ausgedrückt heißt das also: Unter sonst gleichen Bedingungen ist die kurze Eindrucksdauer für den stroboskopischen Effekt am günstigsten: er tritt deshalb dann schon bei relativ großen Intervallen ein. Dieses Gesetz ist uns bereits früher begegnet: es ist eben jenes, das von Marbe so vollkommen mißverstanden wurde. Zu seiner Prüfung kommt alles auf das richtige Verständnis der Zahlen an, aus denen es abgeleitet ist. Wie variiert Fischer die Eindrucksdauern? Die Antwort ist einfach: er variiert die Rotationsgeschwindigkeiten, deren Funktion, wie man ohne weiteres sieht, bei den gegebenen Versuchsbedingungen die Eindrucksdauern sind. Mithin bezieht sich das Fischersche Gesetz in erster Linie auf die Rotationsgeschwindigkeiten: dann aber stimmt es vollständig mit unserem technischen Grundgesetz überein, das ja eben die günstige Einwirkung der Rotationsgeschwindigkeit auf den Eintritt der Erscheinung behauptet. Messungen über die Dauer des Eindrucks unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit lassen sich am Dädaleum und den ihm ähnlichen Apparaten nicht wohl anstellen. Wollte man nämlich die Veränderung der Spaltweite zur Variation der Eindrucksdauer benutzen, so ergäbe sich gleichzeitig eine störende Modifikation der übrigen Versuchsbedingungen: denn wir wissen ja schon, daß sowohl Helligkeitsgrad der Bilder, wie Schärfe der Konturen sich mit der Spaltweite sehr wesentlich ändern.

---

[1]) S. 31.

[2]) Fischer, a. a. O. S. 142 f.

In diametralem Gegensatz zu Fischer behauptet Wundt[1]), es sei gerade die längere Phasendauer von günstigem Einfluß, doch hat er, wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, dabei lediglich die Nachbildphänomene im Auge. Sieht man indessen hiervon, wie auch von den bloß versuchstechnischen Faktoren (wie wir sie eben ausschließlich betrachtet haben) ab, und handelt es sich zudem nicht um das Sehen von scheinbaren Bewegungen, sondern um bloße Identitätserscheinungen, so wird die Dauer des Bildeindrucks weder günstig noch ungünstig, sondern gleichgültig sein, was wohl keines weiteren Kommentars bedarf.

XII. Stroboskopischer Effekt ohne Verschmelzung.

Aus unseren Versuchen können wir nun aber doch eine Folgerung ableiten, die weit über versuchstechnische Gesetze hinausgeht.

Daß die stroboskopischen Täuschungen mehr sind als bloße Nachbild- und Verschmelzungsphänomene, hatten wir schon gesehen, jetzt müssen wir feststellen, daß sie nicht einmal von ihnen bedingt sind. In der Tat ist schon Fischer zu Intervallgrößen gelangt, die hart an der Grenze stehen, bei der überhaupt noch an Nachbildwirkungen gedacht werden kann. Gleichwohl zweifelte er noch nicht an der Gültigkeit der Nachbildtheorie. Das größte Intervall, bei dem noch ein Effekt bemerkbar war, betrug 0,431 Sec. Fischer führt nun selbst an[2]), daß nach den Messungen von Plateau und Emsmann die Nachbilddauer höchstens 0,35 Sec. beträgt. Freilich — sagt er weiter — gelten diese Zahlen für mittlere Helligkeiten: da aber die eigenen Versuche bei hellem Gaslicht angestellt wurden, so müssen die Werte, die für sie Geltung beanspruchen, höher angenommen werden; also beruht der stroboskopische Effekt im wesentlichen auf Nachbildwirkungen.

Dagegen läßt sich nun doch einiges sagen. Zunächst durfte nur geschlossen werden, daß Nachbildwirkungen bei den stroboskopischen Erscheinungen eine — wenn auch vielleicht wichtige — Rolle spielen, aber nicht ohne weiteres, daß sie darauf beruhen[3]).

---

[1]) Wundt, Phys. Psych., 5. Aufl. S. 581.

[2]) a. a. O. S. 144.

[3]) Oder wie Fischer sich ausdrückt, »daß nur dann eine bezweckte Bewegungs-

Zweitens war zu untersuchen, ob die »mittlere« Helligkeit wirklich so tief unter der angewandten lag, daß auch bei dem größten erreichten Intervall von 0,431 Sek. noch mit Sicherheit auf Nachbildwirkungen geschlossen werden konnte. Und hier ist nun folgende Erwägung von Interesse. Fischer war sich vollkommen darüber klar, daß für die Erzeugung der Täuschung in erster Linie die Bildreize in Frage kommen. Soll also von Nachbildwirkungen die Rede sein, so heißt das: der alte Bildreiz ist noch abgeschwächt vorhanden, wenn der neue bereits zu wirken beginnt: dabei ist wie alle derartigen Wirkungen auch diese eine Funktion der Intensität des Reizes. Wir wissen aber bereits, daß das einzelne Bild zwar simultan gesehen, aber nicht simultan appliziert wird[1]: vielmehr ist das Bild bereits als solches ein Verschmelzungsprodukt, eine Nachbildwirkung. Wir verglichen schon früher die stroboskopischen Bilder mit leuchtenden Objekten oder hellen Flächen hinter einem rotierenden Episkotister. Wird ein solcher Episkotister samt der Fläche, die er — vielleicht sehr stark — verdunkelt, rasch durch eine andere Fläche verdeckt, die irgend einen beliebigen, aber geringen Helligkeitsgrad aufweist, so ist Gelegenheit zur Beobachtung von Nachbildwirkungen gegeben, und diese werden von der Lichtstärke der wirkenden Fläche abhängen. Und welche Lichtstärke kommt da in Frage? Die des Objektes ohne den Episkotister? Das wäre doch paradox: wirken kann offenbar nur die verdunkelte Fläche. Und genau das gilt vom Stroboskop. Auch hier verfügen die wirksamen Bilder schwerlich noch über die ursprüngliche (von der Gasflamme unmittelbar abhängige) Lichtstärke: und dann ist es vielleicht doch nicht so sicher, wie Fischer annimmt, daß ihre Helligkeiten die mittlere Größe überstiegen.

Indessen sind das Betrachtungen; entscheidend ist das Experiment, und das lag hier sehr nahe: ich wiederholte Fischers Versuch bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung. Es handelte sich um zwölf Phasen eines schwingenden Punktes, die durch die entsprechenden zwölf Spalte betrachtet wurden. Ich wählte auch im übrigen mög-

---

vorstellung erzeugt wird, wenn immer schon eine neue Phasenfigur ihr Bild auf die Netzhaut wirft, solange das Nachbild der vorhergehenden noch nicht ganz verschwunden ist«.

[1]) Vgl. S. 77 und viele andere Stellen vorher.

lichst dieselben Versuchsbedingungen wie Fischer; die Beleuchtung erfolgte zunächst wie gewöhnlich durch die Glühlampe. Es ergab sich als Mittel aus 10 Versuchen der Wert 0,390 Sek. als untere und 0,425 Sek. als obere Zeitgrenze, also Werte, die denen Fischers (0,377 und 0,431 Sek.) annähernd entsprachen. Nun stellte ich den Apparat auf die untere Zeitgrenze ein, d. h. so, daß das Auf- und Abschwingen gerade gesehen werden konnte, und während des Versuches drehte ich dann die Glühlampe aus: die Beobachter hatten jetzt anfänglich Mühe, die einzelnen Figuren überhaupt zu erkennen, erst bei allmählich eintretender Adaptation gelang dies. Dann war aber auch die Wahrnehmung der Schwingbewegung nicht im mindesten gestört. Das ergab sich natürlich auch dann noch, wenn die Ausschaltung der Glühlampe nicht innerhalb des Versuches selber erfolgte. Bei Versuchen, in denen ich selber als Beobachter fungierte, resultierten die Werte 0,378 und 0,422 Sek.

Daraus ist zu folgern, daß der stroboskopische Effekt als solcher nicht mit der Intensität der Beleuchtung abnimmt, also den Gesetzen der Nachbildwirkung nicht folgt, und das wieder erklärt sich am einfachsten durch die Annahme, daß er überhaupt nicht auf Nachbilderscheinungen beruht.

Freilich ist das noch kein zwingender Beweis. Die Tabelle auf S. 79 weist aber auf Tatsachen hin, die ich allerdings für unbedingt sicheres Beweismaterial halte. Bei genügend großer Rotationsgeschwindigkeit ergaben sich für den Effekt noch Intervalle von 0,8 Sek. Man wird bei so hohen Werten schwerlich an Nachbilder denken. Aber noch viel wichtiger ist der subjektive Tatbestand. Denn der Beobachter merkte hier sehr deutlich selbst die Unterbrechung. Es tritt hier eine Erscheinung ein, die uns aus unserer früheren[1]) Besprechung des Nachbildstreifens bekannt ist. Man sieht deutlich, wie ein schwarzer Schatten über das Objekt hinweg gleitet, und wie es erst dann wieder neu zum Vorschein kommt. Trotzdem ist der Eindruck der Identität des Objektes ganz zwingend und unmittelbar. Einer der Beobachter, Herr Dr. Mittenzwey, beschrieb mir diesen Eindruck etwa folgendermaßen: Die Unterbrechung wird bemerkt, sie kann sogar ausdrücklich beachtet, mit voller Deut-

[1]) Vgl. oben S. 58.

lichkeit apperzipiert werden, und dennoch entsteht in keiner Weise das Bewußtsein einer numerischen Verschiedenheit: die Wahrnehmung des zweiten Objektes erscheint als direkte Fortsetzung der ersten Wahrnehmung. Ganz anders, wenn die Intervalle größer (etwa gleich einer Sekunde) werden: dann ist von einer solchen Fortsetzung keine Rede mehr: die Wahrnehmungen erscheinen als zwei deutlich voneinander gesonderte Akte.

Der Versuch, die Grenze, bei der die eine Erscheinung in die andere überging, genau zu bestimmen, erwies sich als illusorisch: der einmal eingetretene Effekt vermochte immer bald längere, bald kürzere Zeit festgehalten zu werden[1]). Viel günstiger wurde die Sachlage, sobald es sich um die Wahrnehmung von Bewegungen handelte. Es wurden ja immer nur zwei jener gleichen Kreise abwechselnd dargeboten, und zwar befanden sie sich bisher in genau gleicher Höhenlage. Nun änderte ich den Versuch bloß insofern ab, als ich die beiden Objekte in etwas verschiedener Höhenlage exponierte[2]). Sofort wurde eine deutliche Bewegung gesehen: der Kreis glitt von der einen Lage in die andere, er schwang also auf und ab. Zugleich ließ sich jetzt die Grenze messen, bei der noch eben Bewegung gesehen wurde. Als Beobachter dienten außer mir selbst die Herren Dr. Dr. Urban, Mittenzwey und Tsukahara. Es ergaben sich folgende Werte:

Tabelle V.

Beob.	Untere G.	Mittl. V.	Obere G.	Mittl. V.
U	0,742 Sek.	0,011	0,766 Sek.	0,014
M	0,742 »	0,008	0,765 »	0,005
T	0,786 »	0,021	0,801 »	0,023
L	0,766 »	0,017	0,795 »	0,044

Nimmt man aus diesen Werten das Mittel, so erhält man 0,759 Sek. als untere und 0,782 Sek. als obere Grenze.

Das Wichtigste ist auch hier: Trotz deutlich apperzipierter Unter-

[1]) Bei 0,8 Sek. war er regelmäßig vorhanden: will man sich mit einer ungefähren Angabe begnügen, so kann man 0,8—0,9 Sek. als Grenze annehmen.

[2]) Die beiden Mittelpunkte waren 8 mm voneinander entfernt.

brechung wurde die Bewegung gesehen, d. h. unmittelbar als Bewegung wahrgenommen. Zur genaueren Klarstellung dieser Tatsache wird es später noch anderer Versuche bedürfen[1]. Das eine ist aber jetzt schon deutlich geworden: stroboskopische Erscheinungen sind möglich ohne kontinuierliche Wahrnehmung des bewegt, oder allgemeiner des identisch gesehenen Objektes, also ohne Verschmelzung in unserem Sinne.

XIII. Das unmittelbare Identitätsbewußtsein.

Am Ende des vorigen Abschnittes ist das Identischsehen als Bedingung des Bewegtsehens hingestellt. Das sollte im Grunde keiner besonderen Rechtfertigung bedürfen. Die Identifikation ist notwendiger Weise der allgemeinere Fall. Daß die stroboskopisch vorgeführten Objekte für uns Bewegungen bedeuten, das heißt ja jedenfalls zunächst, daß die an sich numerisch verschiedenen Bilder als Vertreter eines und desselben Objektes erscheinen. Mag das in seiner prinzipiellen Bedeutung bisher verkannt sein, so gilt es doch in der ganzen früheren Literatur — von Stampfer bis auf Fischer — zum mindesten als selbstverständliche Nebensächlichkeit, und wenn sich bei Marbe nichts davon findet, so ist das am Ende nur ein zufälliges Fehlen. Oder doch nicht? Der Identitätsbegriff scheint einigen eine philosophische Färbung zu haben, das macht sie argwöhnisch gegen seine psychologische Verwendung.

Der Begriff der Identität, wie er hier vorausgesetzt wird, ist ebenso einwandfrei, wie etwa der der Einheit, der Simultanität, der Kontinuität und viele andere noch, die stets ganz unbedenklich gebraucht werden. Es handelt sich um das ganz bekannte Erlebnis, das man meint, sobald behauptet wird, jemand betrachte eine Zeitlang ununterbrochen »denselben« Gegenstand. Wir wollen, um die Situation ganz klar zu stellen, es von verwandten Erlebnissen abgrenzen.

Wird gesagt, zwei Gegenstände haben dieselbe Farbe oder dieselbe Gestalt, so erfordert das erstens, daß ich sie beide in deutlicher Sonderung apperzipiere, zweitens aber, daß ihnen ein Element gemeinsam ist: daß also, soweit bloß dieses Element

---

[1] Vgl. vor allem S. 129 ff.

in Frage kommt, durch die Setzung oder Apperzeption des einen Gegenstandes zugleich der andere mitbestimmt ist.

In allen ähnlichen Fällen haben wir es mit einem Akte der logischen Identifikation, also mit Identitätserkenntnis zu tun: sie besteht in der bewußten Konstatierung von Identität. Aber wir haben gewiß auch da noch von Identifikation zu reden, wo diese Konstatierung fehlt.

Beobachtet jemand eine Zeitlang dasselbe Bild, so wird niemand behaupten, der Beobachter stelle Identität fest. Identisch ist das Gemeinsame des Verschiedenen. Hier jedoch besteht noch gar keine Verschiedenheit. Was aber bedeutet es dann, wenn wir gleichwohl von »demselben« Bilde sprechen? Sicherlich ist das keine Identität, die dem Betrachter innerhalb des Aktes der Betrachtung als solche zum Bewußtsein kommt. Bewußtseinsinhalt während der Betrachtung ist das so oder so bestimmte und bestimmt bleibende Bild oder Objekt als Einheit: wobei unter Einheit wieder kein logischer Begriff verstanden wird, sondern nur die psychologische Tatsache, durch die sich jenes Objekt von anderen simultan und sukzessiv gegebenen Objekten unmittelbar abgrenzt. Während der Betrachtung bleibt es eben für mich das, was es ist, im Falle einer merkbaren Änderung aber tritt ein Bewußtsein dieser Änderung ein, und solange dieses Bewußtsein fehlt, habe ich ein Recht von Einheit im angegebenen Sinne zu reden.

Dieses Einheitsbewußtsein ist es, worauf es uns ankommen muß. Denn die logische Betrachtung — und sie dokumentiert sich gemeinhin schon im sprachlichen Ausdruck — kann ihrerseits stets die einzelnen getrennten Erlebnisse isolieren. Und sofern sie das tut, ergibt sich folgerichtig die Behauptung, in der unmittelbaren Betrachtung, d. h. eben im Erleben jenes Einheitsbewußtseins werde das »identifiziert«, was auf dem Wege der logischen Abstraktion isoliert wurde. Und nichts anderes will der Satz besagen, jemand betrachte eine Zeitlang denselben Gegenstand.

Man könnte nun versuchen wollen, von einer Identifikation in diesem unseren Sinne auch dann noch zu reden, wenn die Betrachtung desselben Gegenstandes zu verschiedenen, getrennten Zeiten in Frage kommt, nämlich bei den Wiedererkennungsvorgängen. Indessen hier ist das Bewußtsein der numerischen Einheit bereits

assoziativ vermittelt: für die unmittelbare Wahrnehmung besteht es schlechterdings überhaupt nicht.

Das Stroboskop vermag beide Fälle zu verwirklichen. Die einfachste Situation ist die »Verschmelzung« bei völlig gleichartigen, ruhend gesehenen Objekten. Hier liegt für die unmittelbare Wahrnehmung genau dasjenige vor, was auch bei kontinuierlicher Betrachtung eines und desselben ruhenden Objektes gegeben ist. Betragen hingegen die realen Intervalle etwa 1 Sek. und mehr, so ist von einer unmittelbaren oder Wahrnehmungsidentifikation ganz und gar keine Rede mehr: es handelt sich jetzt offenbar um einen Wiedererkennungsakt, also um assoziative Vermittlung.

Das merkwürdige und zunächst überraschende aber ist, daß trotz deutlichen Bemerkens der Unterbrechung die Einheit der unmittelbaren Wahrnehmung bestehen bleiben kann: denn nichts anderes ist das eben mitgeteilte Ergebnis, das sich mit besonderer Evidenz in den Bewegungsversuchen kund gibt. Der Beobachter bemerkt, wie das Objekt auf einen Moment (der infolge der Nachbildwirkung natürlich stets kürzer ist, als das betreffende tatsächliche Intervall zwischen den beiden Expositionen) seiner Wahrnehmung entzogen ist, und sieht gleichwohl eben dieses Objekt ganz unmittelbar als eine einzige (bewegte) Einheit. Ich betone auf das entschiedenste, daß die Einheit und mit ihr die Bewegung wirklich gesehen und nicht etwa erschlossen oder auf Grund einer Art Erinnerungsvorgang erkannt wird. Dieses zuletzt genannte Faktum ist eben dasjenige, das sich bei weiterer Vergrößerung der Intervalle einstellt und also prinzipiell von dem eben behandelten verschieden ist.

Übrigens ist die Erscheinung den stroboskopischen Vorgängen durchaus nicht allein eigen: auch sonst pflegen wir, wenn Gegenstände auf nur sehr kurze Zeit unserem Anblick entzogen sind, nicht eigentlich den Eindruck zu haben, es sei unsere »Wahrnehmung« — das heißt hier die Einheit unserer Wahrnehmung — unterbrochen: man denke etwa an den Vogel, der sehr rasch hinter einem Baumstamme vorüberfliegt oder auch an die Bewegung der Schatten in dem früher erwähnten Zaunphänomen[1]). Es ist anzunehmen, daß in

[1]) Vgl. oben S. 24. Hierher gehören offenbar auch Fechners »Erinnerungsnachbilder« (Elem. der Psychophysik Bd. 2, S. 491): man vergleiche ferner Wundt, Physiol. Psych., 5. Aufl. Bd. 3, S. 370.

solchen Fällen das Bewußtsein der Unterbrechung nicht stark genug ist, um jene Einheit der unmittelbaren Wahrnehmung zu zerstören. Wir werden dem hierin liegenden Problem noch einmal begegnen: und zwar im Zusammenhange mit der interessanten Frage, die uns nunmehr ausschließlich beschäftigen soll, mit der Frage nach der Entstehung der Bewegungswahrnehmung beim stroboskopischen Sehen. Sie hängt aufs engste zusammen mit der Frage nach dem Zustandekommen von Bewegungswahrnehmungen überhaupt, mit dem kinetoskopischen Problem.

XIV. Das Sehen von Bewegungen: die Anschauungen Marbes.

Die Frage ist: woher kommt es, daß die Phasenbilder, die an sich, d. h. einzeln exponiert ruhend erscheinen, eine Bewegungswahrnehmung zusammensetzen?

Marbe ist in gewissem Sinne dieser Frage ebenfalls näher getreten; da ihm indessen die Voraussetzung des ganzen Problems, der »Ruheeffekt« der einzelnen Phasen, die Verdeckung ihrer Eigenbewegung, unbekannt war, werden wir schwerlich eine gründliche Erörterung von ihm zu erwarten haben: trotzdem mutet das, was er sagt, zunächst recht überzeugend an. Das Sehen von Bewegungen — heißt es — beruht auf dem Unbemerktbleiben von ausgefallenen Phasen. Darin liegt natürlich die (übrigens auch vom Autor angedeutete) Voraussetzung, daß beim normalen Sehen von Bewegungen alle Phasen wahrgenommen werden. Und das wird namentlich dann plausibel, wenn wir den Begriff der Phase psychologisch definieren. So nennt Stern[1]) das eben merklich in seiner Raumlage verschiedene Stadium einer Bewegung eine »neue Phase«: und das heißt nichts anderes als, daß sich jede Bewegung psychologisch genommen aus einer beschränkten Anzahl von Phasen zusammensetzt, nämlich aus diesen in der Raumlage eben merklich verschiedenen Stadien. Das Sehen von Bewegungen hinge demnach mit der Tatsache der Sehschärfe aufs engste zusammen. Indes hat nun gerade Marbe einwandsfrei festgestellt, daß dies für das stroboskopische Sehen in keiner Weise gelten kann: die Phasenabstände z. B. in den Fischerschen Versuchen sind durchweg größer als die eben merklichen

[1]) Stern, a. a. O. § 36, S. 353.

Lagedifferenzen[1]). Und gerade daraus schließt Marbe: es muß zur Erklärung des stroboskopischen Sehens von Bewegungen noch die besondere Annahme gemacht werden, daß hier — sei es nun infolge zentraler, sei es infolge peripherer Ursachen — der Ausfall einzelner Phasen unbemerkt bleibt.

Was die Erklärung durch die Sehschärfe so plausibel erscheinen läßt, ist offenbar dieses: sie überträgt den physikalischen Bewegungsbegriff, wie wir ihn aus der Erfahrung kennen, ohne weiteres auf die Vorgänge auf der Netzhaut. Physikalisch definiert man wohl Bewegung als Ortsveränderung innerhalb gewisser Zeiten, meint damit aber natürlich nicht Ortsveränderung überhaupt, man meint nicht, daß ein Gegenstand an einer gegebenen Stelle plötzlich verschwindet und im darauf folgenden Moment an einer entfernten, beliebigen anderen Stelle wieder auftaucht (das wäre ja Zauberei), sondern man meint, daß jede neue Stelle der vorangehenden unmittelbar benachbart ist oder m. a. W., daß alle durchlaufenen Stellen ein räumliches Kontinuum bilden. Herbarts Reihentheorie bot Gelegenheit, diese Anschauung auf das psychologische Gebiet zu übertragen[2]). Aber auch die erwähnte Theorie, die von der Sehschärfe ausgeht, involviert eine solche Übertragung. Genau so, wie der Körper, der eine wirkliche Strecke zurücklegt, alle deren einzelnen Punkte durchläuft, soll auch sein Abbild auf der Netzhaut alle entsprechenden Netzhautpunkte berühren müssen, um die Bewegungswahrnehmung zu erzeugen. Nur darin liegt eine Modifikation, daß jetzt nicht mehr alle jene Netzhautpunkte überhaupt, sondern nur alle für die räumlich getrennte Auffassung in Frage kommenden Netzhautpunkte für die Entstehung einer solchen Bewegungswahrnehmung verantwortlich gemacht werden: das ist aber nur die selbstverständliche Konsequenz der Tatsache der Sehschärfe. Jedenfalls handelt es sich durchaus um die sukzessive Reizung eines Empfindungskontinuums auf der Netzhaut.

Nun ist gar keine Frage, daß für die logische Definition der Bewegung die Annahme eines Kontinuums unentbehrlich ist. Logisch genommen habe ich nicht die geringste Bürgschaft für die Bewegung

---

[1]) Marbe, a. a. O. S. 399.

[2]) So bei Volkmann, Lehrb. der Ps. III. Aufl. S. 107. Vgl. darüber Stern, a. a. O. § 24, S. 353.

eines Körpers von einem ersten Orte zu einem nahen zweiten, wenn ich rasch hintereinander — erst hier, dann dort lokalisiert — dieselbe Wahrnehmung habe; vielmehr ist zu erweisen, daß es zwischen beiden Orten eine »Bahn« gibt, deren sämtliche Punkte sukzessiv passiert sein müssen. Das auch nur teilweise Fehlen der kontinuierlichen Bahn macht sofort die Annahme einer Bewegung unmöglich: d. h. wir dürfen dann die beiden Wahrnehmungen nicht mehr auf denselben Gegenstand beziehen, und auch die vollkommenste Gleichartigkeit ihres Aussehens wird nicht hindern, zwei verschiedene Dinge vorauszusetzen. In der Kontinuität des Übergangs besteht — solange wir bei der rein logischen Betrachtung verharren — eben das letzthin entscheidende Merkmal für die Identität eines Gegenstandes zu verschiedenen Zeiten und damit naturgemäß auch für dessen Bewegung. Es ist aber zum mindesten voreilig, dieses logische Kriterium ohne weiteres auf die Wahrnehmung der Bewegung, auf das Zustandekommen des Bewegungseindrucks zu übertragen. Psychologie ist nun einmal keine Logik. Das logische Kennzeichen eines Körpers ist die dreidimensionale Ausdehnung, und doch erlaubt uns die stereoskopische Betrachtung Dinge körperlich zu sehen, von deren bloß zweidimensionaler Ausdehnung wir fest überzeugt sind. Die Beispiele ließen sich beliebig vermehren. Und so muß denn wohl wenigstens mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß auch für die Bewegungswahrnehmung andere als logische Kriterien in Frage kommen. Es verhält sich in der Tat so: für die Wahrnehmung ist der kontinuierliche Übergang nicht erforderlich, um den Eindruck von Identität und Bewegung hervorzurufen: vielmehr ist hier das Entscheidende die Gleichartigkeit der wahrgenommenen Inhalte — und den evidenten Nachweis dafür liefert das Stroboskop.

Doch damit greife ich schon vor. Marbe ahnt nicht einmal, daß hier überhaupt ein Problem besteht. Aber hat dieser Autor nicht selbst aufs entschiedenste die Unzulänglichkeit jener Theorie der Sehschärfe hervorgehoben? Freilich! aber er lehnt sie trotzdem nicht eigentlich ab. Er hilft sich mit einer Art von Kompromißtheorie; denn er sagt nicht: bereits die sehr geringe Phasenzahl des Stroboskops bewirkt den Bewegungseindruck, sondern nur: der Ausfall einiger, im Grunde also notwendiger Phasen kann unter

günstigen Bedingungen unbemerkt bleiben[1]). Und welches sind diese günstigen Bedingungen? Wenn es möglich wäre, auf irgend eine Weise willkürlich oder durch Aufmerksamkeitsvorgänge eine Minderung der Sehschärfe herbeizuführen, so wäre damit gewiß im Sinne Marbes die einfachste Erklärung geliefert: die Phasenabstände könnten nunmehr entsprechend größer werden, und das hieße, an der normalen Sehschärfe gemessen: es dürften einige Phasen ausfallen. Ob Marbe an dergleichen gedacht hat, als er rein zentrale Ursachen für das Unbemerktbleiben des Phasenausfalles verantwortlich machte? Es findet sich nichts, das darauf hindeutet. Dann aber ist schwer zu sagen, was unter jenen zentralen Bedingungen zu verstehen ist: psychologische Momente bleiben Fremdkörper in einer solchen logisch-physiologischen Theorie, wie der Marbeschen, und man versteht daher den Fortschritt seiner späteren Anschauung, die nur periphere Ursachen gelten läßt.

Denn es gibt noch eine zweite Möglichkeit, die Phasenabstände auf der Netzhaut zu verkleinern: wir haben dazu nur nötig, den Phasen selbst, während ihrer Darbietung, mit dem beobachtenden Auge zu folgen. Aber damit ergibt sich eine neue Schwierigkeit: denn die Eindrücke gelangen nun kaum noch auf benachbarte Stellen, sondern bleiben annähernd auf derselben: also ist eigentlich die ursprüngliche Voraussetzung der ganzen Theorie aufgegeben — freilich, ohne daß dies Dürr, der diese Anschauung vertritt[2]), selber zum Bewußtsein kommt. Jedenfalls kann jetzt der Bewegungseindruck nicht mehr als sukzessive Reizung eines räumlichen Kontinuums gedeutet werden. Augenbewegungen, Muskelempfindungen also, treten an ihre Stelle. Aber diese Änderung ist keine Verbesserung. Es darf wohl als ziemlich erwiesen betrachtet werden, daß Empfindungen dieser Art nur eine sehr untergeordnete Rolle bei Bewegungswahrnehmungen spielen[3]). Auch wissen wir, daß ein solches »Mitgehen des Auges« eine scheinbare Verlangsamung der Bewegung im Gefolge hat: es wäre Dürrs Aufgabe gewesen, auch bei seinen stroboskopischen Versuchen analoge Erscheinungen nachzuweisen. Einigermaßen widerspruchsvoll ist endlich an dieser Theorie auch folgendes: sie geht

---

[1]) a. a. O. S. 400 u. noch genauer S. 398.

[2]) Dürr, Die strobosk. Erscheinungen, Philos. Stud. Bd. XV, S. 501.

[3]) Vgl. Wundt, Phys. Ps., 5. Aufl., Bd. 2, S. 579.

von der Tatsache aus, daß wir Bewegungen mit dem Auge zu verfolgen pflegen[1]). Dazu müssen diese Bewegungen ohne Frage bereits als solche vorhanden sein, hier dagegen soll doch gerade deren Entstehung erklärt werden: gegeben sind ja nur die ruhenden Phasenbilder.

Doch das sind alles noch nebensächliche Einwendungen. Wir haben ein Recht, der Ansicht Marbes, der früheren sowohl wie der späteren (also auch derjenigen Dürrs) ganz prinzipiell zu widersprechen. Man bedenke doch, was sie uns zumutet. Die Bewegungsvorstellung soll sich aus dem Unbemerktbleiben von Phasenausfall, und dieses Unbemerktbleiben wiederum aus ungenügender Aufmerksamkeit oder Fixation erklären. Das kann nur heißen: bei Aufmerksamkeit oder bei Fixation unterbleibt regelmäßig die Bewegungswahrnehmung. Wir müssen es also z. B. bei einer kinematographischen Vorführung ganz in unserer Gewalt haben, die einzelnen Bilder als solche zu sehen oder aber sie zu einem einheitlichen Vorgange zu verbinden. Natürlich kann davon keine Rede sein.

Aber Marbe führt doch selber Experimente an, die seine Theorie erhärten sollen. Er zog, wie schon erwähnt, einen trennenden Strich zwischen zwei Phasenbildern des schwingenden Punktes. Bei genügender Aufmerksamkeit (resp. Fixation) sieht man den Punkt niemals auf dieser Linie und daraus wird geschlossen, daß nur der Mangel an solcher Aufmerksamkeit eine Bewegungswahrnehmung herbeiführe. Diese Konklusion beweist nichts als die Unklarheit des Marbeschen Standpunktes. Gewiß, das experimentelle Ergebnis ist unbestreitbar: Punkt und Linie decken sich nicht, und daß es die genaue Beachtung der Linie ist, die uns diese Tatsache deutlich macht, das ist gewiß eine einwandfreie Folgerung. Ein Vorurteil aber ist die Annahme, es müsse damit auch die Bewegungswahrnehmung aufgehoben sein. Hier sieht der Autor seine logische Theorie in das Experiment hinein: sobald eingesehen wird, daß nicht alle Punkte der Strecke passiert werden, ist keine Bewegungsvorstellung möglich!

Was experimentell gezeigt werden mußte, war einzig dieses: daß die beiden Punkte oberhalb und unterhalb der beachteten Linie infolge dieser Beachtung ruhend, d. h. überhaupt nicht als Phasen

---

[1]) Dürr, a. a. O. S. 516.

einer Bewegung gesehen werden. Davon aber schweigt Marbe: es wäre auch das Gegenteil des experimentellen Befundes gewesen. Ich stellte den Versuch in der Weise an, daß ich nicht bloß einen Strich zwischen zwei Phasenbildern anbrachte, sondern sämtliche — es waren zwölf — Punkte durch entsprechende Linien trennte: selbst hier blieb der Bewegungseindruck bestehen. Wohl sehen wir den Gegenstand niemals an der fixierten Stelle, gleichwohl aber bleibt der deutliche Eindruck, daß er auf irgend eine, uns nur verborgene Weise darüber hinweg gelangt und sich also bewegt. Das braucht gar nicht einmal zu überraschen, denn es geht uns bei anderen Bewegungen ganz ähnlich, namentlich, wenn sie sich aus einer sehr komplexen Phasenreihe zusammensetzen. So sehen wir z. B. einen Turner oder Akrobaten schnell in eine neue Lage gelangen, ohne die Art und Weise der Bewegung in ihren einzelnen Phasen unmittelbar zu bemerken. Zudem finden sich immer assoziative Vorstellungshilfen, die gar keinen Widerspruch zwischen dem im eigentlichen Sinne gesehenen und dessen etwaiger verstandesmäßiger Deutung aufkommen lassen: das »Gesehene« aber ist die Bewegung.

Wie aber steht es mit den Versuchen, die sich an die Experimente Grützners anschließen?

XV. Die sogenannten »Phasenausfallversuche« Dürrs und die Dürr-Marbesche Scheintheorie der stroboskopischen Bewegungstäuschungen.

Grützner hatte beobachtet, wie auffallend leicht es ist, durch allerlei geeignete Bewegungen jemand in den Glauben zu versetzen, es befinde sich ein Gegenstand an einer ganz anderen Stelle als in Wirklichkeit: er dachte dabei an die bekannten Manipulationen der Taschenspieler und war (mit Recht) der Meinung, das Stroboskop biete Gelegenheit zu ihrem näheren Studium: man habe dazu nur nötig, einzelne der dargebotenen Phasen durch weiße Papierstreifen zu verdecken.

Genau dies ist die Versuchsanordnung Marbes und Dürrs. Ganz wie bei Grützner wurden einige Phasen durch weißes Papier verklebt und ganz wie bei Grützner wurden jene komplizierten Phasenbilder verwandt, wie sie sich z. B. in den Kollektionen

des Anschützischen Schnellsehers finden. Solche Kompliziertheit ist aber aus zwei Gründen von Übel.

Erstens verliert die Erscheinung dadurch sehr an Übersichtlichkeit. Dürr sieht sich aus diesem Grunde genötigt, zwischen einer Haupt- und einer Nebenbewegung zu unterscheiden[1]).

Zweitens aber sind hier die einzelnen Phasen niemals gleichwertig. Was das heißt und was es gerade für das fragliche Problem bedeuten will, kann folgendes Beispiel veranschaulichen. Es gälte, einen Spaziergänger für kinematographische Zwecke zu photographieren. Dann ist klar, daß die einzelnen Aufnahmen in gleichen Intervallen einander folgen müssen: die aber werden durchaus nicht immer gleichen Bewegungen entsprechen, wir brauchen nur anzunehmen, daß unser Spaziergänger einmal auf seinem Wege eine Weile stillsteht, vielleicht regungslos verharrt: der Apparat liefert dann mehrere ganz identische Bilder, deren Vorführung der Reihe nach gewiß ihren guten Sinn hat, wenn es darauf ankommt, den gesamten Vorgang genau so wiederzugeben, wie er sich einst wirklich abgespielt hat. Für die Bewegung an sich dagegen sind die identischen Phasenbilder ganz wertlos: sie können bis auf eines weggelassen werden, ohne den Vorgang im mindesten zu stören: der Spaziergänger scheint lediglich eine relativ kürzere Zeit zu ruhen als sonst. Ähnliches wird auch dann noch gelten, wenn er nicht völlig ruht, sondern nur seine Schritte verlangsamt, oder ganz allgemein: bei Bewegungen mit ungleichförmiger Geschwindigkeit (und das sind derartige Bewegungen stets) hören die einzelnen Phasenbilder auf, gleichartige Bewegungselemente zu sein. Immerhin könnte man Mißstände dieser Art durch sorgfältige Analyse eines jeden Experimentes zu heben suchen, und es soll nicht verkannt werden, daß Dürr sich nach dieser Richtung bemüht hat.

Trotzdem sind alle diese Experimente wertlos für das, was sie entscheiden sollen, und zwar aus einem prinzipiellen Grunde. Sie sind nämlich in Wahrheit gar keine Versuche über Phasenausfall, sondern über etwas ganz anderes: über Phasenersatz oder, wenn man lieber will, über Phasenverdeckung. Man mag den Begriff der Phase definieren, wie man Lust hat, niemals wird man

---

[1]) Dürr, a. a. O. S. 515.

dabei den Zeitbegriff außer Acht lassen dürfen: eine Bewegung, die sich aus sechs Phasen zusammensetzt, wird bei immer gleicher Phasendauer um ein Fünftel länger währen, als eine solche, die nur aus fünf Phasen besteht. Und lasse ich irgend eine, z. B. die dritte Phase ausfallen, so kann das nur heißen, daß sich die bisherige vierte Phase unmittelbar an die zweite anreiht. Es kann aber gewiß nicht heißen, daß nach der zweiten Phase und genau während der Dauer der dritten etwas anderes gesehen wird, und darauf die übrigen Phasen zu ganz denselben Zeiten erscheinen wie vordem. Das aber geschieht in Dürrs und Marbes Versuchen: hier werden eine oder mehrere Phasen verdeckt und dem Beobachter zeigt sich an ihrer Stelle ein heller Fleck, nämlich das Papierstück, womit sie überklebt wurden. Es handelt sich also um mehr als eine Ausfallserscheinung: das Ausgefallene wird zugleich durch etwas anderes ersetzt, d. h. es tritt ein neuer Reiz an die Stelle des beseitigten. Will man dennoch von Ausfall sprechen, so darf, da die Zeitverhältnisse genau dieselben bleiben, das, was ausgefallen ist, gar nicht mehr eigentlich Phase genannt werden — oder wir hätten den Widersinn, daß zwei Bewegungen, die sich aus verschieden viel Phasen zusammensetzen, trotz gleicher Dauer jeder einzelnen Phase gleichviel Zeit beanspruchen.

Für Grützner war dieser Sachverhalt ganz belanglos — ihm kam es, wie ich oben gezeigt habe, auf ganz andere Dinge an als auf Phasenausfall, und die Frage nach dem Zustandekommen des Bewegungseindrucks lag ihm vollends fern. Dürrs Problem aber war das Marbes: woher kommt bei einer Exposition von Einzelbildern, die an sich stillstehend oder doch wenigstens nach einer ganz anderen Richtung bewegt wahrgenommen werden müßten, die tatsächlich gesehene Bewegung? Was bewirkt die Übertragung der objektiven Bewegung nach der einen in die subjektive nach der anderen Richtung?

Aber Dürrs Experimente könnten nicht einmal dann Material zur Beantwortung dieser Frage liefern, wenn sie zweckmäßiger angestellt wären — sie unterlägen dann ganz denselben Einwendungen wie Marbes schon besprochener Versuch mit der trennenden Linie. Denn immer ist nur vom Bemerken und Nichtbemerken des Phasenausfalls die Rede, und Dürr glaubt ernstlich, es sei alles bewiesen,

sobald nur gezeigt ist, daß eine kontinuierliche Bewegung gesehen wird. In Wahrheit ist dieser Nachweis von gar keiner oder doch nur ganz sekundärer Bedeutung. Auch die diskontinuierlich gesehene Bewegung ist eben doch Bewegung, und mit ihr verträgt sich sehr gut das Bemerktwerden des Phasenausfalls.

Dagegen war zu zeigen, daß jenes Bemerktwerden stets auch ein Aufhören der Bewegungswahrnehmung zur Folge hat — aber gerade davon spricht Dürr ebensowenig wie Marbe: ja, er vergißt zuletzt überhaupt, welches Problem er eigentlich behandelt, und hat dafür einen recht anschaulichen Beweis geliefert.

Er konstruierte einen Apparat, der der Hauptsache nach aus einem großen Rade bestand, auf dessen Peripherie ein kleines Glühlämpchen fest angebracht war. Rotierte nun das Rad, und verfolgte man dabei mit dem Auge den Lichtpunkt, den das Lämpchen erzeugte, so sah man auch dann noch ein Kontinuum, wenn einzelne Phasen verdeckt waren, d. h. ein mehr oder minder großes Stück der Bewegung dem Beobachter durch vorgelegte Holzklötzchen entzogen wurde.

Bei Fixation einer bestimmten Stelle hingegen wurde der »Phasenausfall« bemerkt, auch wenn alle anderen Bedingungen unverändert blieben. Daraus schließt Dürr, daß das Sehen von gewöhnlichen Bewegungen denselben Gesetzen unterliegt wie das von stroboskopischen: in beiden Fällen wird eben der »Phasenausfall« nur bei fehlender Fixation bemerkt. Gewiß! aber was geht uns das hier an? die stroboskopische Bewegungswahrnehmung ist freilich eine Bewegungswahrnehmung so gut wie jede andere, und es ist gewiß nicht zu verwundern, daß sich da vieles Gemeinsame findet.

Den Vorgang selber hat Dürr ganz richtig dargestellt. Bei unbewegtem Auge werden Bilder und Nachbilder der aufeinander folgenden Reize auf immer neue Netzhautstellen fallen: es entsteht ein kontinuierliches Nebeneinander von Eindrücken, in dem sich jede Lücke sofort bemerkbar macht. Bei bewegtem, dem Lichtpunkt folgendem Auge hingegen fehlen die Bedingungen zur Erzeugung eines solchen streifenartigen Kontinuums, es fehlen also auch die räumlichen Intervalle: sie müssen deshalb verborgen bleiben, wenn sie klein genug sind, um sich uns nicht auf andere Weise aufzu-

drängen. Und das eben heißt: Phasenersatz oder Phasenverdeckung bleibt unbemerkt.

Man sieht aber sofort, daß es hier gar nichts zur Sache tun kann, ob die Phasen bewegt (wie gewöhnlich) oder unbewegt (wie beim Stroboskop oder Kinematographen) exponiert werden. Aber eben deshalb können wir auf diese Weise auch nichts über die Erzeugung des Bewegungseindrucks erfahren. Und darauf allein kommt es an.

Es muß natürlich gezeigt werden, warum (auch bei Phasenausfall) die exponierten Einzelbilder bewegt und als Teile einer und derselben Bewegung gesehen werden — ganz gleichgültig, ob die gesehene Bewegung als solche sprungweise erfolgt oder nicht. Statt dessen exponiert Dürr die einzelnen Phasen bereits selber bewegt, d. h. er schaltet gerade das Problem systematisch aus, dessen Lösung einzig und allein für ihn Sinn hat!

Es wäre ungerecht für diese maßlose Konfusion Dürr ausschließlich verantwortlich zu machen. Wollen wir sie ihren letzten Ursachen nach verstehen, müssen wir vielmehr durchaus auf Marbes Problemstellung zurückgehen.

Daß das »normale« Sehen von Bewegungen in einem Bemerken aller Phasen, also in der Wahrnehmung der Durchwanderung eines räumlichen Kontinuums besteht, das ist zwar meines Erachtens ein Vorurteil, es enthält indes noch nichts Widersinniges. Aber Marbe bleibt nicht dabei, er verwechselt sofort diese Durchwanderung eines Kontinuums mit einer kontinuierlichen Bewegung: das sind aber zwei ganz verschiedene Dinge! Durchwanderung eines Kontinuums finden wir auch bei der diskontinuierlichsten Bewegung: immer wird eine gewisse Strecke zurückgelegt oder durchmessen, und wir sahen bereits: fehlt auch nur ein einziger Punkt dieser Strecke, bilden also die sämtlichen durchlaufenen Punkte kein räumliches Kontinuum mehr, so haben wir nicht etwa nunmehr ein Recht, von diskontinuierlicher Bewegung zu reden, sondern es ist jetzt überhaupt keine einheitliche Bewegung mehr vorhanden: es besteht die Bewegung zweier numerisch verschiedener (wenn auch noch so gleichartiger) Gegenstände, es bestehen also letzten Endes zwei Bewegungen, von denen die zweite gerade dann beginnt, wenn die erste beendet ist.

Vergegenwärtigt man sich diese Verwechslung, so wird begreiflich, warum Marbe nicht fragt: wie kommt eine Bewegung überhaupt zustande? sondern: wie kommt eine kontinuierliche Bewegung zustande? und man versteht auch, daß er schließlich Experimente gut heißen konnte, die bereits von einer fertigen Bewegung ausgehen.

Doch weiter: in dem Dürrschen Versuche bemerken wir, auch wenn fixiert wird, trotz des sogenannten Phasenausfalls nicht bloß eine deutliche Bewegung, sondern halten sie sogar unmittelbar für kontinuierlich! nur sehen wir diese kontinuierliche Bewegung unvollständig, unterbrochen, diskontinuierlich. Eine solche unterbrochen oder diskontinuierlich gesehene Bewegung ist aber beileibe keine diskontinuierliche Bewegung, d. h. keine Bewegung, die für uns im Sehen unmittelbar als diskontinuierlich gekennzeichnet ist. Oder ist ein unvollständig gesehener Zylinder ein unvollständiger Zylinder, ein diskontinuierlich gehörter Vortrag ein diskontinuierlicher Vortrag? Eine diskontinuierliche Bewegung geschieht ruckweise, d. h. mit einer periodisch den Wert o erreichenden Geschwindigkeit. Davon kann aber in dem Dürrschen Versuche nicht die Rede sein.

In der gesamten Dürr-Marbeschen Gedankenführung handelt es sich also um eine zweimalige Problemverschiebung. Die einzig richtige Frage lautet: wie kommt Bewegung überhaupt zustande? Statt dessen wird zunächst gefragt: wie kommt kontinuierliche Bewegung zustande? wodurch der Anschein entsteht, als sei die diskontinuierliche Bewegung selber — etwa das rasche Hüpfen des Punktes über die trennende Linie hinweg — gar nicht im mindesten problematisch. Zweitens aber wird nun die diskontinuierliche Bewegung ihrerseits mit einer diskontinuierlich sichtbaren verwechselt, so daß allen Ernstes die Entstehung der stroboskopischen Scheinbewegung mit dem Übersehen einer verdeckten Bewegungsstrecke auf eine Stufe gestellt werden kann. Ich halte hiermit die Kritik der stroboskopischen Untersuchungen Marbes für abgeschlossen. Es bedeutet nur eine Zusammenfassung des bereits dargelegten, wenn ich behaupte, daß dieser Autor in jedem Punkte geirrt hat, daß er in dem wichtigsten von ihnen nicht einmal bis zur richtigen Fragestellung vorgedrungen ist, ja, daß er schließlich die eigene verkehrte Frage wiederum mißverstanden und ungenügend beantwortet hat.

XVI. Eigene Phasenausfallversuche. Das Lagegesetz.

Phasenausfallversuche sind allerdings von großer Bedeutung — nur müssen sie richtig angestellt werden. Schneiden wir etwa in dem Filmstreifen eines Kinematographen ein Phasenbild aus und kleben die entstehenden freien Ränder wieder aneinander, so haben wir die experimentellen Bedingungen für den Ausfall einer Phase hergestellt. Das Stroboskop leistet ganz dasselbe: auch hier muß stets ein geschlossener Ring von Phasenbildern am Auge vorüberziehen, ob nun Phasen ausgefallen sind oder nicht. Es ist also Erfordernis, daß die Anzahl der Spalte genau der Bilderzahl entspricht. Sind zwölf Phasen vorhanden, so wird deren Exposition auch durch zwölf Spalte bewerkstelligt: wenn dann etwa zwei Phasen wegfallen sollen, so müssen die restierenden zehn Phasen natürlich in denselben Zeitintervallen vorgeführt werden, wie vordem die zwölf; und dazu ist nötig, daß jetzt ein Zylinder mit nur zehn (natürlich untereinander gleich weit entfernten) Spalten angewandt wird. Außerdem muß noch die Rotationsgeschwindigkeit entsprechend abgeändert werden.

Aus bekannten Erfahrungen lassen sich nun schon einige Sätze über die Wirkung des Phasenausfalls ableiten. Als es Ottomar Anschütz in Lissa zum ersten Male gelang, Bewegungsphasen photographisch festzuhalten, wurde ein Vorgang, der $^3/_4$ Sek. dauerte, in zehn Einzelbilder zerlegt. Durch die Fortschritte der Momentphotographie vermag man heute denselben Vorgang in mehr als die dreifache Phasenzahl aufzulösen. Beide Bildserien lassen sich indes kinetoskopisch betrachten und beide Male sieht man eine deutliche Bewegung. Nun kann man sich offenbar die erste Serie aus der zweiten durch Phasenausfall entstanden denken: es bleibt dann eben nur jedes dritte der vorhandenen Phasenbilder erhalten. Man sieht also schon hieraus sehr deutlich, daß Phasenausfall der Bewegungsvorstellung als solcher keinen Abbruch tut. Und doch liegt in der Erreichung der Möglichkeit, so viele Phasenbilder zu verwenden ein offenbarer Fortschritt. Aber gewiß nicht in dem Sinne, daß dadurch unsere Bewegungswahrnehmung deutlicher oder ausgeprägter wird! sondern erreicht wird allein eine größere Natürlichkeit oder Treue der dargestellten Bewegungen. Das folgt schon aus einem sehr äußer-

lichen Grunde. Nicht bloße Bewegungen werden meist kinematoskopisch reproduziert, sondern Vorgänge, d. h. oft sehr komplexe Kombinationen von Bewegungen und sonstige Veränderungen. Von ihnen werden sehr viele — man denke etwa an das Mienenspiel einer dargestellten Person — den Charakter des Momentanen tragen: was natürlich ihrer Wichtigkeit für den Gesamtvorgang nicht im Wege steht. Je mehr Phasen nun ausfallen, um so mehr wächst die Wahrscheinlichkeit, gerade solche, vielleicht wesentliche Elemente zu übergehen.

Ferner kann man unschwer eine diskontinuierliche Bewegung durch geeigneten Phasenausfall in eine kontinuierliche übergehen lassen. Denn die Darstellung diskontinuierlicher Bewegungen wird meist dadurch erreicht, daß eine und dieselbe Phase wiederholt, d. h. auf mehreren einander folgenden Bildern exponiert wird. Läßt man diese Wiederholungen fort, so ist natürlich auch die Diskontinuität beseitigt.

Die interessanteste Frage aber ist: wie verändert sich die einfache, kontinuierliche Bewegung durch Phasenausfall? Hier kann nur das Experiment entscheiden.

Schon früher hatte sich uns die Exposition einer Rotationsbewegung gegenüber der anderer einfacher Bewegungen von Vorteil erwiesen, zu Phasenausfallversuchen ist sie, wie wir bald sehen werden, ganz besonders geeignet.

Ich wählte das Bild eines einfachen Rades mit vier (natürlich in gleichen Abständen befindlichen) Speichen von 7 cm Durchmesser. Radring und Speichen waren von etwa gleicher Dicke und in kräftigem Schwarz gezeichnet. Als Zeit der (konstanten) Intervalle setzte ich — um durchweg vergleichbare Resultate zu haben — zunächst stets 0,2 Sek. an. Hier war in allen Fällen Verschmelzung vorhanden. Die Phasenbilder selbst wurden so eingerichtet, daß die scheinbare Rotationsbewegung nach 24 Expositionen vollendet war: jede Speichenstellung wich also von der vorangehenden um 15° ab. Diese Differenz genügte vollkommen, um unter den geschilderten Umständen den Eindruck einer vollkommen stetigen Drehung zu liefern.

Ich ließ nun eine der — an sich ja völlig gleichwertigen — Phasen ausfallen: exponierte also mittels eines anderen Mantels bloß

23 Reize in denselben Intervallen. Es ergab sich nur eine sehr geringe Änderung der Gesamterscheinung. Von den fünf Beobachtern mit denen ich diesen und die folgenden Versuche anstellte, bemerkten nur zwei (Herr Dr. Kurtz und Herr Dr. Heidenhain) eine Änderung: die Bewegung erschien ihnen an einer Stelle minder kontinuierlich: welches jedoch diese Stelle war, konnten sie nicht genau angeben. Die anderen Herren (Herr Dr. Peters, Herr Dr. Churchill und Herr Dr. Köhler) fanden zunächst überhaupt keinen Unterschied. Erst bei längerer, aufmerksamer Beobachtung konnten auch sie eine Unregelmäßigkeit entdecken.

Das änderte sich sofort, wenn zwei Phasen hintereinander ausgefallen waren. Hier wurde nicht nur von allen Beobachtern übereinstimmend Diskontinuität wahrgenommen, sondern auch die Stelle dieser Diskontinuität, also des plötzlichen schnelleren Ruckes, mit Sicherheit angegeben. Noch deutlicher wurde das, wenn drei oder gar vier Phasen hintereinander weggelassen waren. Dabei hatte Herr Dr. Köhler noch eine besondere, auffällige Erscheinung: er konnte — anscheinend willkürlich — den Eindruck der diskontinuierlich gewordenen Bewegung mit dem eines eigentümlichen Zurückpendelns des ganzen Rad vertauschen: d. h. das Rad schien sich einen Moment sehr rasch nach der entgegengesetzten Richtung zu bewegen, um nach einem neuen Ruck sich wie gewöhnlich in der früheren Richtung weiterzudrehen. —

Ging ich nun aber noch weiter, exponierte ich also überhaupt nur neunzehn Phasen, so trat im Gegenteil, eine bedeutende Abschwächung der Erscheinung ein: die Bewegung erschien wieder fast so regelmäßig wie zu Anfang.

Merkwürdiger noch und wichtiger sind die Erscheinungen des rhythmischen Phasenausfalls. Ich verstehe darunter den regelmäßigen Ausfall einer oder mehrerer Phasen nach der Exposition je eines Bildes. Man wird meinen, darin liege gar kein neues Problem, und nach Analogie dessen, was vorhin über die Vorführung kinematographischer Bilder gesagt wurde, ließe sich vermuten, daß auch hier der Phasenausfall nur eine Verringerung der Naturtreue bewirkt. Und da der Naturvorgang, der durch unsere Phasen kopiert wird, die gleichförmige, stetige Rotation ist, so müßte der einfache Erfolg des rhythmischen Phasenausfalls eine Abnahme dieser

Stetigkeit sein. Das scheint auch zunächst völlig zu zutreffen. Lassen wir jede zweite Phase ausfallen, so ergibt sich eine Bewegung, die an sich betrachtet noch immer als stetig charakerisiert ist, verglichen mit der früheren Reihe aber bereits einen merklichen Mangel an Kontinuität aufweist. Dieser Mangel wird sich natürlich proportional mit der Anzahl der beseitigten Phasen steigern. Wir lassen daher beispielsweise gleich drei Bilder hintereinander ausfallen, so daß also nur die 1., 5., 9., 13. und 21. Phase exponiert werden. Das Ergebnis ist — nicht das erwartete, sondern eine recht deutliche, kontinuierliche Bewegung, jedoch nach entgegengesetzter Richtung! Fallen sieben Phasen rhythmisch aus, so ist die Bewegung der vorigen ganz gleich, die Richtung hingegen wieder die ursprüngliche. Und werden endlich immer fünf Phasen übersprungen, so hört die Bewegung gänzlich auf: das Rad verharrt in seiner ursprünglichen Stellung.

Welche Gesetzmäßigkeit liegt diesen merkwürdigen Erscheinungen zu Grunde? In einem Falle ist sie sehr leicht zu erkennen. Beim rhythmischen Ausfalle einer gewissen Zahl von Phasen (in unserem Falle fünf) muß das Rad allerdings ruhend erscheinen. Denken wir uns die Phasenbilder auf photographischem Wege entstanden, so ist freilich die Speiche, welche etwa auf dem ersten Bilde die vertikale Stellung einnahm, auf dem siebenten in die horizontale gelangt, zugleich aber steht eine andere, vorher horizontal gelegene Speiche jetzt in der vertikalen Richtung. Da für die beiden anderen Speichen Analoges gilt, ergibt sich, daß das Gesamtbild des Rades überhaupt keine Veränderung erleidet. Wenn uns aber ein und dasselbe Bild in kurzen Intervallen vorgeführt wird, so kann daraus natürlich keine Bewegungswahrnehmung entstehen. Wir haben es also hier mit einer bloßen »Identifikationstäuschung« zu tun.

Wann aber entsteht dann eine Bewegungswahrnehmung? Hierauf antwortet — teilweise wenigstens — der Versuch mit dem Ausfall dreier Phasen: also die Änderung der Richtung.

Wir gehen wieder von dem Bilde mit horizonaler und vertikaler Speichenstellung aus: die obere Speiche sei die erste, die links liegende die zweite. Dann ist auf dem fünften Bilde die erste Speiche um vier Vierundzwanzigstel der Peripherie von ihrer ursprünglichen Stellung entfernt, hingegen die zweite nur um zwei solche Teile. Da

nun auch jetzt wieder beide Speichen vollkommen gleichartig sind, so zeigt in der zweiten Exposition das Bild der zweiten Speiche eine geringere Abweichung von dem ursprünglichen Bilde als dasjenige der ersten selber. Die Bewegung entspricht aber der geringsten Abweichung, und es folgt ganz allgemein: Werden mehrere ihrem Aussehen nach gleiche Bilder in der früher erörterten Weise vorgeführt, so gelten sie dem Beobachter als ein Bild; zeigen sie außerdem noch kleine Abweichungen in ihrer Lage, so scheint sich das resultierende Bild aus der einen Lage in die andere zu bewegen. Werden gleichzeitig mehrere, an sich gleiche Bilder in verschiedener Lage geboten, so erfolgt die Bewegung in der Richtung kleinster Abweichung.

Hierin scheinen zwei Gesetze zu liegen: eines, das die Identifikation bestimmt und ein zweites, von dem die Bewegung abhängt. Für jene kommt die Gleichartigkeit des Aussehens, für diese die Lagedifferenz in Betracht. Zwischen beiden Gesetzen besteht aber offenbar eine sehr enge Beziehung. Denn, wie wir wissen, setzt Bewegung stets Identifikation voraus. Identifikation ohne Lagedifferenz hingegcn ergibt stets den Eindruck des ruhenden Objektes. Es entsteht die Frage, ob ebenso allgemein auch das Umgekehrte gilt: ob Identifikation bei Lagedifferenz stets den Eindruck der Bewegung ergibt. Es wäre sehr wohl denkbar, daß bei einer Reihe rasch folgender Expositionen ein Gegenstand zwar in jener anschaulichen und zwingenden Weise als immer derselbe gilt, aber trotz Lagedifferenz nicht als Bewegungsphase erscheint. Zu erwarten wäre das besonders in den Fällen, wo entweder die Lagedifferenz zu groß ist, oder die neue Lage entsprechend der Natur des Dargestellten eine Bewegungsvorstellung ausschließt. Doch davon kann erst in anderem Zusammenhange die Rede sein.

Wie aufklärend indes schon die bisherigen Versuche sind, zeigt das folgende.

Es fehlt noch der wichtigste unter den Phasenausfallversuchen. Was geschieht, wenn in unserem Versuche zwei Phasen rhythmisch ausfallen? Dann sind also bloß solche Radbilder dargeboten, deren Speichenstellungen um 45° von einander abweichen: innerhalb des Radkranzes wird demnach immer abwechselnd ein stehendes und ein liegendes Kreuz exponiert. Das Interessante ist hier, daß sich unser

Bewegungsgesetz nicht anwenden läßt. Die Lagedifferenz beträgt nach links und rechts gleich viel. Deshalb schien es mir einigermaßen wahrscheinlich, daß hier überhaupt gar keine Bewegungswahrnehmung eintreten würde. Genau das Gegenteil war der Fall. Es war auch hier stets eine Bewegung zu sehen, nur erfolgte sie — und das ist das auffallende — in ganz verschiedenem Sinne. Es wurden nicht weniger als vier verschiedene Bewegungen gesehen, von denen aber nur zwei Rotationsbewegungen waren: diese dominierten allerdings bei weitem. Das Rad drehte sich nicht selten innerhalb eines einzigen Versuches — der Versuch dauerte zwanzig bis dreißig Sekunden — bald im Uhrzeigersinne, bald umgekehrt.

Herr Dr. Witwitzki, ein sehr zuverlässiger und gründlicher Beobachter, der außer den schon genannten Herren ebenfalls an diesen Experimenten beteiligt war, behauptete, geradezu willkürlich mit der Drehungsrichtung wechseln zu können. Dabei war das Verfahren unwissentlieh: die Versuchspersonen kannten also die objektiven Verhältnisse nicht — wenigstens zunächst: denn des Eigenartige des Ergebnisses ließ sie bald den wahren Sachverhalt vermuten.

Auch bei den übrigen Herren war jener Wechsel stets leicht zu erreichen: in keinem Falle geschah dies jedoch durch eine Änderung in der objektiven Folge der Bilder. Es bleibt also gerade das Vorgehen erfolglos, das normaler Weise stets den Effekt einer Umkehr der Bewegungsrichtung nach sich zieht. Dies ist sonst nämlich so regelmäßig der Fall, daß dabei sogar völlig paradoxe Zusammenhänge nicht stören können:

Bei einer kinematographischen Vorführung bekam ich einmal einen sonderbaren Vorgang zu Gesicht. Ein Schwimmbad wurde dargestellt. Alles ist ruhig, kein Mensch zu sehen. Da schäumt plötzlich das Wasser: zwei Füße tauchen hervor, ein Rumpf folgt nach, und ein Kopf zuletzt, und schließlich steigt ein ganzer Schwimmer mitten durch die Luft, der Schwere entgegen zum Sprungbreit empor und läuft dann schnell und sicher zur Erde hinab — doch immer rückwärts.

Das Wunder ist leicht vollbracht. Die Filmrolle braucht nur verkehrt eingelegt zu sein: es folgen dann die Bilder in umgekehrter Folge. Das Stroboskop vollends macht den Effekt besonders leicht: hier genügt es, die Drehungsrichtung umzukehren. Nur

bei dem letzten Versuche ist das vergeblich: die Richtung, in der sich das exponierte Rad zu drehen scheint, ist unabhängig von der Rotationsrichtung[1]) des Apparates selber.

Das spricht natürlich stark für die Beteiligung subjektiver Faktoren. Aber welcher? Man wird an Augenbewegungen denken. Freilich zwang ja meine Versuchsanordnung die Beobachter zum Fixieren. Beweisend ist dies indes noch nicht; deshalb brachte ich nunmehr im Zentrum meiner Objekte ein neues Bild an: d. h. ich überklebte die Mitte mit einer kleineren kreisrunden Scheibe, auf die wiederum ein Rad gezeichnet war und zwar in genau derselben Phasenstellung, nur modifiziert: auf dem stehenden Kreuz war das liegende, auf dem liegenden das stehende Kreuz angebracht. Es gelang dann allen meinen Beobachtern, wenn auch erst nach einiger Übung, die beiden Räder gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen rotieren zu sehen. Dabei war es nicht unbedingt nötig, das kleine Rad in der Mitte des großen zu befestigen. Es konnte ebenso gut an der Seite aufgezeichnet sein: das hatte sogar den Vorteil, daß hier die Phasenstellung bei beiden Räder dieselbe sein konnte: aber selbst dann gelang es noch, die entgegengesetzte Drehung zu bewirken.

Ich halte damit für erwiesen, daß Augenbewegungen an dem Phänomen nicht beteiligt sind. Man könnte eher an Tendenzen zu Augenbewegungen denken; noch näher liegt es vielleicht, ein einfaches apperzeptives Verfolgen[2]) der Speichen anzunehmen — analog etwa den Wanderungen der Aufmerksamkeit, wie sie z. B. beim Lesen aufzutreten pflegen.

Suggestive Momente vermochten die Erscheinung zu beeinflussen. Ich bat die Beobachter irgend eine, mir jeweils ganz gleichgültige Erscheinung zu beachten (z. B. die Anzahl der ausgefallenen Phasen) und gab ihnen dazu gleichsam zu ihrer Erleichterung eine bestimmte Drehrichtung an: diese sollte dann wirklich gesehen werden. Hinderlich war nur der Umstand, daß die Versuchsanordnung der Natur der Sache nach nicht lange verborgen bleiben konnte.

---

[1]) Dem Beobachter war der früher beschriebenen Versuchsanordnung gemäß die Rotationsrichtung des Zylinders verborgen.

[2]) Genauer müßte es heißen, ein apperzeptives Übergehen von der einen Speiche zur anderen. Das Wort »Verfolgen« führt leicht zu dem Mißverständnis, es wäre schon eine Bewegung vorhanden.

Trotzdem sah Herr Dr. Peters siebenmal hintereinander die Drehung wechseln — wie ihm befohlen. Aber auch bei den übrigen Herren glückte doch wenigstens der erste derartige Versuch und bei Herrn Dr. Churchill die ersten drei.

Außer der Rotationsbewegung konnte nun, wenn auch seltener eine »Pendelbewegung« gesehen werden, das heißt: das Rad schien immer nur zwischen zwei Lagen hin- und herzurücken. Hier wurden also die ursprünglich (also bei der Zeichnung) als identisch aufgefaßten Speichen gar nicht mehr identifiziert, sondern immer nur dieselben beiden Nachbarspeichen.

Dieses »Pendeln« stellte sich gelegentlich bei allen Beobachtern ein, die folgende Erscheinung dagegen, auf die mich Herr Dr. Witwitzki aufmerksam machte, gelang außer ihm nur noch Herrn Dr. Heidenhain und mir selbst, uns allen aber nur vorübergehend. Sie war die sonderbarste von allen. Der Radkranz stand jetzt still, um so lebhafter aber war die Speichenbewegung: jede Speiche schien sich in ihrer Längsrichtung zu spalten. Die so entstandenen Hälften klappten auseinander, bewegten sich schnell nach entgegengesetzter Richtung, trafen sich in der neuen Phasenstellung, wo sie für einen Moment wieder Speicheneinheiten zu bilden schienen, um sich alsbald wieder in derselben Weise zu trennen. Hier wird also jede Speiche mit jeder ihrer beiden Nachbarspeichen identifiziert. Bei solcher Identifikation ist dann freilich, wenn überhaupt Bewegung gesehen werden soll, jene komplizierte allein möglich.

Die Wichtigkeit gerade der letzten Versuche leuchtet wohl ein. Wir werden ihnen noch begegnen[1]): zunächst aber bedarf es einer prinzipiellen, von unseren Täuschungsphänomenen unabhängigen Untersuchung der kinetoskopischen Frage.

XVII. Das allgemeine Problem des Sehens von Bewegungen.

Es ist das unbestreitbare Verdienst Exners, das eigenartige Problem, das im Sehen von Bewegungen liegt, zuerst hervorgehoben zu haben[2]). Seine Entdeckung besteht in der scharfen

[1]) Vgl. vor allem S. 130 ff.

[2]) Exner: Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammenges. Auges. Wiener Sitzungsbericht Bd. III, 1875, S. 156 ff. Ferner Pflügers Archiv, Bd. XI, S. 431: Exper. Untersuchungen üb. die einf. psych. Prozesse III. Abh.

Scheidung von »sinnlicher« Bewegungswahrnehmung und logischer Erschließung von Bewegung.

Normale Bedingungen, also direktes Sehen vorausgesetzt, lassen sich nur langsame Bewegungen nach logischem Schema interpretieren: weil ein Objekt erst an diesem und bald darauf an jenem Orte ist, wird gefolgert: es hat sich bewegt. Schnelle Bewegungen dagegen werden gesehen. Das bekannte Beispiel Exners sind die Zeiger der Taschenuhr. Die Bewegung des Minutenzeigers, ganz sicher aber die des Stundenzeigers wird auf Grund von Erinnerungsdaten erschlossen, die des Sekundenzeigers dagegen gesehen. Für die unbefangene Beobachtung kennzeichnet sich dieses Sehen von Bewegungen — wie Exner meint — ganz zwingend als elementare Empfindung; also — schließt er weiter — gibt es eine spezifische Bewegungsempfindung.

Zugunsten einer solchen Empfindung pflegen noch andere, teils von Exner selbst, teils von Aubert, Schneider, Dvorak u. a. aufgefundene Tatsachen ins Feld geführt zu werden[1]). Die wichtigsten sind folgende.

1. Treten zwei Lichtblitze sukzessiv auf getrennten Netzhautstellen auf, so werden sie als gleichzeitig aufgefaßt, falls das Intervall zwischen ihnen eine gewisse sehr kleine Zeitspanne (0,045 Sek.) nicht übertrifft. Man wird also erwarten, daß die Bewegung eines hellen Punktes von einer ebensolchen Stelle zur anderen auch nicht als Bewegung, sondern als simultane Lichtlinie gesehen wird. Sie wird indessen dennoch als Bewegung gesehen und jene Minimalzeit sinkt um ein beträchtliches Stück (auf 0,014 Sek.).

2. Für mäßig bewegte Objekte ist die Unterschiedsempfindlichkeit größer als für ruhende: ein nicht mehr sichtbarer Schatten wird sichtbar, sobald das Objekt, von dem er ausgeht, bewegt wird. Ebenso unterstützen derartig bewegte Objekte die Aufmerksamkeit (Tücherschwenken).

3. Endlich unterscheidet sich auch die Sehschärfe für bewegliche Objekte von der für ruhende. In den Seitenteilen der Netzhaut

---

[1]) Aubert, Pflügers Archiv Bd. 39, Schneider, Vierteljahrschr. f. m. Ph. Bd. 2; eine genaue Übersicht über die gesamte Literatur des Gegenstandes findet sich bei W. Stern: Zeitschr. für Ps. Bd. 7, (1894) S. 321 ff.

wenigstens ist sie größer. Schiebt man im Gesichtsfelde des indirekten Sehens einen hellen Streifen hin und her, so kann die Elongation dieser Bewegung viel (etwa viermal) geringer sein als der eben bemerkbare Zwischenraum zwischen zwei ruhenden Streifen.

4. Es können, besonders im indirekten Sehen, Bewegungen bemerkt werden, denen die Wahrnehmung der Richtung fehlt. —

Solche Beobachtungen entbehren gewiß nicht der tatsächlichen Grundlage. Die Frage ist, ob sie für die Existenz einer besonderen Bewegungsempfindung beweisend sind.

Stern[1]) bestreitet das. Mit den negativen Ergebnissen Exners aber stimmt er völlig überein: Schlüsse, Vergleichungsprozesse und Erinnerungen sind auch für ihn nicht an der direkten Bewegungswahrnehmung beteiligt. Es besteht also — meint auch Stern — eine Bewegungsempfindung[2]): nur ist sie nichts Letztes, Unanalysierbares. Stern sträubt sich gegen die Annahme, in dieser Empfindung etwas ebenso elementares zu sehen wie in der Empfindung blau oder im süßen Geschmack. Aber wir können ja — meint er weiter — auch einen simultanen Komplex von Empfindungen oder aber ein einziges Empfindungsmoment als die Bewegungsempfindung auffassen: nötig ist dazu nur, daß dieser Komplex oder dieses Moment als ständige Begleiterscheinung einer Bewegung auftritt und uns dadurch die Bewegung symbolisiert oder (wie Stern sagt) zum Wahrzeichen der Bewegung wird. Jedenfalls bleibt dann der Empfindungscharakter der Bewegungswahrnehmung vollständig gewahrt.

Gegen Exners Auffassung besteht ein prinzipieller Einwand, der sich bei Stern nicht findet. Warum bezeichnen wir die schnelle, »gesehene« Bewegung eben so gut als Bewegung wie die langsame, bloß erschlossene? Doch nur auf Grund eines beiden gemeinsamen Elementes. Also müssen wir entweder das spezifische Element der schnellen Bewegung auch in der langsamen voraussetzen — und das wäre unsinnig, weil überflüssig[3]) oder die Wahrnehmung der schnellen Bewegung gleichfalls ihres elementaren Charakters be-

---

[1]) a. a. O. § 37, S. 354.

[2]) Freilich vermeidet Stern den Ausdruck Bewegungsempfindung, weil er zu Mißverständnissen Anlaß geben könnte: Mach und Goldscheider bezeichnen bekanntlich etwas ganz anderes mit demselben Worte.

[3]) Es hätte dann ja eben keinen Sinn mehr, sie noch besonders zu erschließen.

rauben. Damit fällt aber die Annahme einer spezifischen Bewegungsempfindung.

Weiterhin aber und vor allem bedarf der Ausgangspunkt, die beiden Autoren gemeinsame Grundanschauung, noch der besonderen Analyse.

Offenbar erwächst diese gemeinsame Anschauung aus dem Gegensatz gegen die Vergleichungstheorie. Daraus, daß es eine Bewegungswahrnehmung gibt, an der keine Erinnerung beteiligt ist, wird geschlossen, daß sie eine Empfindung sein muß. Denn — so ist das Enthymem zu ergänzen — alle (gegenständlichen) Wahrnehmungen, an denen die Erinnerung nicht beteiligt ist, sind notwendigerweise Empfindungen.

Der Schluß scheint unanfechtbar, in Wahrheit bedeutet er nur ein Spiel mit dem Worte Empfindung.

Der Empfindung steht die Erinnerung gegenüber. Das Bewußtsein zeitlicher Getrenntheit, das Bewußtsein des Vorausgehens, der Vergangenheit, knüpft sich für Exner unmittelbar an den Begriff der Erinnerung und umgekehrt, das Bewußtsein des Gegenwärtigen, Momentanen an den der Empfindung. Genau so argumentiert auch Stern. Deshalb nimmt er ebenfalls lediglich simultane Faktoren als Grundlage seiner Bewegungsempfindungen an: insbesondere weist er dem Nachbildstreifen eine große Bedeutung zu, dem Nachbildstreifen, der uns ja von ganz anderen Betrachtungen her wohlbekannt ist[1]). Und hier ist in der Tat das Prinzip der simultanen Empfindung vollkommen gewahrt: insofern nämlich nicht das Fortschreiten des Streifens die Bewegung andeutet, sondern eben der simultan gegebene Streifen selbst.

Es wird also verlangt, daß dasjenige, was seinem Ausgangspunkte nach, nämlich als physikalischer Reizvorgang, sicherlich nicht simultan ist, simultan werde, gerade um uns recht unmittelbar dieses Nicht-Simultane — nämlich die Bewegung — zu vermitteln. Nur so kann das, was mehrere Momente beansprucht, auf einen zusammengedrängt, nur so empfunden werden.

Aber was heißt das im Grunde? In der Empfindung soll nur das Momentane liegen. Kann aber damit im Ernst gemeint sein, sie

---

[1]) Vgl. oben S. 58 ff.

dauere nur einen Moment? Haben Empfindungen nicht sehr verschiedene Dauer? Vielleicht meint man: gewiß haben die Empfindungen Dauer, aber gerade die Dauer empfinden wir nicht, wir haben durchaus nicht das Erlebnis einer so oder so beschaffenen Empfindung und außerdem noch das Erlebnis einer Zeitdauer dieser Empfindung. Das ist vollkommen richtig, aber nur wenn es heißen soll, daß wir zur Behauptung der Dauer einer Empfindung nur auf dem Wege der Abstraktion gelangen. Die Zeitdauer haftet nicht an der Empfindung wie die Farbe auf der Leinwand oder der Leim am Holze: sie ist in diesem Sinne tatsächlich gar nicht vorhanden. Aber dennoch unterscheiden wir einen Lichtblitz von $^1/_4$ Sek. ganz unmittelbar aufs deutlichste von einer Lichtempfindung, die 1 Sek. und länger währt, auch bei vollkommenster Gleichheit in allen anderen Hinsichten.

Eben weil es sich hier also um ein Abstraktionsprodukt handelt, muß die notwendige Grundlage dieser Abstraktion in den Empfindungen, aus denen abstrahiert wird, selbst enthalten sein. Und nichts anderes als diese Grundlage meinen wir, wenn wir vom Erlebnis der Dauer der Empfindung reden.

Ebenso nun, wie wir aus dem empirisch gegebenen Gesamtkomplex die Dauer abstrahierend herausheben können, so können wir auch umgekehrt die Gesamtheit der übrigen Empfindungseigenschaften isolieren oder mit anderen Worten von der Dauer absehen: und wir tun dies gemeinhin, da eben die Dauer allen Bewußtseinserlebnissen anhaftet, also nicht eigentlich die Empfindungen kennzeichnet. So können wir mit dauerlosen Empfindungen in demselben Sinne rechnen, wie in der Mathematik mit farblosen Flächen oder ausdehnungslosen Punkten. Vergißt man diese ihre abstrakte Natur, so gelangt man zu der Fiktion realer Empfindungen ohne Dauer. Ein weiterer Trugschluß läßt dann dauerlos und momentan identifizieren und — wir sind wirklich bei dem Satze angelangt, daß die Empfindungen den Charakter des Momentanen an sich tragen oder daß das Bewußtsein des Momentanen an die Empfindungen geknüpft ist.

Doch wir dürfen so grobe Irrtümer nicht ohne weiteres voraussetzen. Jenes »Geknüpftsein« des zeitlich getrennten an die Erinnerung und des Gegenwärtigen an die Empfindung kann auch noch einen anderen Sinn haben. Es kann besagen: die Erinnerung be-

zieht sich auf zeitlich Vorausliegendes, die Empfindung auf Gegenwärtiges. Oder kürzer und einfacher: der Empfindung fehlt das Moment, das die Erinnerung kennzeichnet und notwendigerweise kennzeichnen muß: der Hinweis auf ein früheres Erlebnis.

Offenbar ist dies die Meinung, und sie scheint sehr einleuchtend: in Wahrheit unterliegt sie ganz ähnlichen Einwänden wie die vorige. Daß sich die Empfindung nur auf Gegenwärtiges bezieht, ist nicht wahr. Es wäre ja sonst wieder völlig unerklärlich, daß wir die Dauer einer Empfindung oder exakt gesprochen dasjenige, woraus wir ihre Dauer abstrahieren können, unmittelbar erleben. Denn Dauer oder was ihr zugrunde liegt, bezeichnet offenbar das Nicht-Simultane der Empfindung, d. h. das Mehr oder Minder dessen, was einem gegebenen gegenwärtigen Momente der Beobachtung vorausgeht.

In einem anderen Sinne freilich ist eine Empfindung oder ein Empfindungskomplex doch auch wiederum simultan. Ein kurzes Geräusch, eine Reihe von Taktschlägen oder ein gesprochenes Wort ist als Ganzes im Bewußtsein gegenwärtig: wir fassen es als Ganzes auf und es wirkt als eine einzige simultane Einheit; aber sind die einzelnen Laute deshalb simultan? Hören wir die Taktschläge gleichzeitig? Das wäre ja völlig absurd. Vielmehr unterscheiden wir mit aller Deutlichkeit zwischen gleichzeitigen und rasch folgenden Eindrücken.

Oder genauer: Ein Geräusch oder Wort erscheint als simultanes Gebilde dann und nur dann, wenn es uns sein Wirken, sein Sichgeltendmachen, sein Aufgefaßtwerden, kurz sein Dasein in unserem Bewußtsein bedeutet, aber es ist nicht simultan, d. h. die Eindrücke als solche, nach der »Gegenstandsseite« betrachtet, sind eine Folge. Und sie sind es nicht bloß, sondern erscheinen uns unmittelbar so, sobald wir eben nur diese Seite betrachten. Deshalb ist es zweckmäßig, den Sachverhalt von vornherein von der Bewußtseinssphäre aus zu kennzeichnen. Das tun wir, wenn wir sagen: das Wort, das Geräusch, die Taktreihe werden als simultanes Ganze perzipiert, nur ein Teil davon aber, nämlich alles, was im jeweiligen Momente der Beobachtung »gegenwärtig« ist, wird apperzipiert[1]).

Solange man freilich in der Apperzeption einen psychologischen

---

[1]) Vgl. Wundt, Grundriß der Ps., §§ 15, [6] und besonders 11, [10] u. [11].

Luxusbegriff sieht, eine Art »Oberseele«, wie Ziehen[1]) meint, und nicht das, was sie ist, nämlich eine der allerwichtigsten psychologischen Tatsachen, solange wird man sich die Einsicht in einen Sachverhalt, wie den vorliegenden, immer künstlich erschweren.

Zugleich ist nun auch klar geworden, wie das Sehen von Bewegungen einzig und allein aufgefaßt werden kann. Richtig ist dieses: die Erinnerung ist nicht beteiligt. Ein Reproduktionsprozeß, ein Vorgang, durch den etwas früher erlebtes wieder »da« zu sein scheint und zwar nicht überhaupt, sondern zugleich mit dem Bewußtsein, daß es früher erlebt wurde, ein solcher Vorgang findet ganz gewiß nicht statt. Das Sehen von Bewegungen hat also in diesem Sinne wirklich Empfindungscharakter. Gleichwohl oder gerade deshalb ist das in den unmittelbar vorangehenden Momenten Erlebte noch »da«, aber nicht reproduziert, überhaupt nicht mit dem Bewußtsein des früher schon Dagewesenen und also Erneuerten, sondern durchaus mit dem des gegenwärtigen Erlebens. Die einzelnen Phasen sind wirklich zu einer und derselben Zeit vorhanden — nämlich in unserem Bewußtsein, sie sind, wenn schon simultan, so doch bewußtseinssimultan, sie sind simultan in demselben Sinne wie die einzelnen Laute des gesprochenen Wortes für die Auffassung; aber sie sind es gewiß nicht im Sinne des geschriebenen Wortes auf dem Papier. So aber faßt sie Stern, der nicht zwischen Perzeption und Apperzeption unterscheidet und damit ein Beispiel jener grobsinnlichen Deutung des Psychischen gibt, wie sie bei einigen modernen Psychologen nun einmal üblich geworden ist: was im Bewußtsein als Einheit auftritt, muß auch eine irgend wie äußerlich manifestierte Einheit bilden — die Phasenbilder, die in meinem Bewußtsein zusammen vorhanden sind, müssen auch auf der Netzhaut zusammen sein. Freilich verbindet sich alles, was auf der Netzhaut zusammen gegeben ist, mit dem Bewußtsein der Gleichzeitigkeit. Aber Bewußtsein der Gleichzeitigkeit und Gleichzeitigkeit im Bewußtsein sind ganz verschiedene Dinge.

XVIII. Sterns Faktoren der Bewegungswahrnehmung.

Stern spricht von drei Faktoren, die für das Zustandekommen der Bewegungswahrnehmung maßgebend sein sollen, und die natür-

[1]) Ziehen, Leitfaden der phys. Psych. 6. Aufl. S. 41.

lich alle drei der Forderung der Simultanität in seinem Sinne genügen müssen: der veränderten Reizung, dem schon erwähnten Nachbildstreifen und der Augenbewegung. Über das letzte dieser Prinzipien können wir schnell hinweg gehen. Es ist durchaus Sterns Meinung, daß Augenbewegungen eine verhältnismäßig untergeordnete Bedeutung haben: wir suchen den wahrgenommenen Gegenstand während seiner Bewegung möglichst genau zu sehen und müssen ihn daher nicht nur verfolgen, sondern haben auch vor, nach und eventuell während dieser Verfolgung die Augen neu einzustellen, woraus sich manche Bewegungstäuschungen erklären[1]).

Immer aber sind es die optischen Faktoren, die durch jene nichtoptischen Tatsachen bloß modifiziert werden und daher die betreffenden Bewegungswahrnehmungen im eigentlichen Sinne bewirken. Die veränderte Reizung nun ist ein solcher optischer Faktor. Stern versteht darunter den Intensitätswechsel an einer bestimmten Stelle der Netzhaut. Man wird denken, ein solcher Wechsel könne an sich keine Bewegungswahrnehmung begründen. In der Tat ist das auch nicht Sterns Meinung: es handelt sich nur um ein Bewegungssurrogat. Immerhin werden wir auch vom dürftigsten Surrogate zu fordern haben, daß es die schlechterdings notwendigen Merkzeichen der Bewegung uns in irgend einer Weise nahe zu bringen vermag: zu ihnen gehört die Richtung, und da ein bloßer Intensitätswechsel natürlich keine Richtung erkennen läßt, so handelt es sich hier im Grunde noch gar nicht einmal um ein Surrogat. Wenn irgend wo im Gesichtsfelde plötzlich ein Reiz auftaucht, so ist das eben für den Beobachter noch durchaus keine Bewegung, wie wir gerade aus unseren stroboskopischen Experimenten zur Genüge wissen.

Und doch hat Stern recht, wenn er glaubt, auf diese Weise einige jener Eigentümlichkeiten des »Sehens von Bewegungen« erklären zu können. Bewegung sehen kann eben wieder zweierlei heißen: erstens das Sehen von etwas, das tatsächlich in Bewegung ist, zweitens aber das Sehen als Bewegung[2]). In anderen Fällen gilt ja ähnliches: auch der Farbenblinde sieht in jenem ersten Sinne Farben; er sieht sie aber gewiß nicht im zweiten Sinne, d. h. er

[1]) So das »kriechende Aschenhäufchen«. Vgl. Hoppe, Die Scheinbewegungen, Würzburg 1876, S. 1 ff.

[2]) Genauer: Das Sehen eines Gegenstandes als eines bewegten.

sieht sie nicht als Farben. Im ersten Sinne sehen wir sogar die Bewegung des Stundenzeigers: wir sehen ja etwas, das sich tatsächlich bewegt, aber wir sehen durchaus nicht, daß es sich bewegt. Und so nehmen wir denn auch bei geschlossenen Augen und im indirekten Sehen die Bewegung eines Gegenstandes selbst dann noch wahr, wenn wir nichts anderes sehen als das Auftauchen und Verschwinden eines Schattens: nur muß uns hier entweder gesagt werden, daß das Bewegung war, oder aber der Gedanke daran stellt sich bald darauf von selber ein. Im letzten Falle wird vielleicht der Glaube ermöglicht, die Täuschung sei wirklich gesehen worden, was natürlich keinesfalls hindert, daß sie tatsächlich nicht gesehen wurde; und deshalb hat Stern[1]) entschieden unrecht, wenn er von jener »veränderten Reizung« meint, sie erkläre »die scheinbare Absurdität, daß wir Bewegungen ohne Richtung wahrnehmen können«. Die scheinbare Absurdität bedarf gar keiner Erklärung, da sie überhaupt nicht besteht. Intensive oder qualitative Änderungen an einer Stelle des Gesichtsfeldes müssen allerdings bei allen optischen Bewegungswahrnehmungen auftreten: mit dem Sehen von Bewegungen haben sie nur soviel zu tun als etwa die Helligkeitsempfindung mit der Empfindung einer bestimmten Farbe.

Die größere Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungen reduziert sich mithin einfach auf eine größere Unterschiedsempfindlichkeit für sukzedierende Reize gegenüber derjenigen für simultane und räumlich benarchbarte, also auf das, was Stern Veränderungsempfindlichkeit nennt. Die nähere Erörterung dieser Tatsache, die auch die leichtere Erregung der Aufmerksamkeit durch bewegte Gegenstände verständlich machen dürfte, gehört deshalb gar nicht hierher.

Die größere Sehschärfe für Bewegungen führt Stern in sehr geistreicher Weise auf Irradiationserscheinungen zurück. Seine Versuche ergaben nämlich, daß die Sehschärfe für Ruhe und Bewegung gleich wurde, sobald nur Irradiation ausgeschlossen war. Da nun im indirekten Sehen infolge schlechter Akkommodation gewöhnlich starke Irradiation vorhanden ist, so begreift sich zunächst die Verschiedenheit beider Sehschärfen in den Seitenteilen der Netzhaut. Ferner muß für ruhende Gegenstände die einleuchtende Regel

[1]) a. a. O. § 40, S. 359.

gelten, daß je größer die Irradiation, um so geringer die Sehschärfe ist, und da dieser Satz natürlich für bewegte Reize keinen Sinn geben kann, so folgt in der Tat, daß im indirekten Sehen die Sehschärfe für bewegte Objekte größer ist als für ruhende.

Ist aber das, was in diesem Falle gesehen wird, nicht eine Bewegung im eigentlichen Sinne, d. h. kommt ihr nicht doch eine Richtung zu? Es scheint wirklich so. Wenigstens ist nirgends das Gegenteil bewiesen. Dann aber ist es sonderbar, daß wir die Erscheinung ohne weiteres auf das Prinzip der veränderten Reizung zurückgeführt finden, von dem der Autor doch mit allem Nachdruck hervorhebt, es könne zur Wahrnehmung der Richtung nichts beitragen[1]).

Das allersonderbarste aber ist dieses: Stern bemerkt in keiner Weise, daß jenes Prinzip — mag nun von Bewegungen die Rede sein oder nicht — seinen eigenen Anschauungen gerade entgegensteht: d. h. er will es nicht bemerken. Er glaubt allen Ernstes, ein rascher Wechsel der Intensität könne von uns auf Grund einer einzigen, momentanen Empfindung aufgefaßt werden! Als ob nicht eben mit der Tatsache des Wechsels eine Mehrheit von Empfindungsmomenten behauptet wäre. Ja, Stern geht noch weiter: er spricht von einer spezifischen Übergangsempfindung, die er auch Neuheitsqualität nennt. Wird eine homogene Fläche ihrer Intensität nach rasch verändert, so kann man diese Veränderung oder diesen »Übergang als solchen« wahrnehmen[2]); die vorhergehende und die nachfolgende Empfindung erscheinen gleich, und die scheinbare Stabilität wird nur dadurch unterbrochen, daß ein »undefinierbares Etwas« über die Fläche huscht. Die Behauptung, der Übergang werde »als solcher« wahrgenommen erinnert einigermaßen an den Universalienstreit des Mittelalters. Nein, einen Übergang als solchen können wir nicht wahrnehmen, ebensowenig wie eine Tugend als solche oder eine Anzahl als solche oder auch nur eine Bewegung als solche. Wahrnehmen können wir immer nur tugendhafte Menschen, Anzahlen von Dingen, bewegte und ineinander übergehende, also sich verändernde Objekte. Denn Veränderung und Bewegung sind

[1]) a. a. O. § 40, S. 359.
[2]) Zeitschr. für Ps. Bd. 7, S. 275.

nun einmal an sich keine Gegenstände, sondern Beziehungen: die Sprache freilich macht sie zu Gegenständen und muß es tun, nur um sie überhaupt handhaben zu können. Vielleicht auch ist es nicht bloß die Sprache, die solche Vergegenständlichung vornimmt, und dann versteht man Meinong, wenn ihm solche Beziehungen zu »Gegenständen höherer Ordnung« werden, aber Gegenstände im ursprünglichen Sinne sind sie deshalb noch längst nicht; sie mit Stern zu Gegenständen der sinnlichen Wahrnehmung zu machen, das ist schlechterdings Scholastik, die auch durch die modernste Psychologie nicht gerechtfertigt wird — und beriefe sie sich auf noch so viel Experimente.

Sterns Versuch erlaubt eine andere, sehr naheliegende Interpretation. Sukzedierende Reize, die aber im Bewußtsein noch vorhanden sind, zeigen eine größere Unterschiedsempfindlichkeit als solche, die es nicht mehr sind und also einen Reproduktionsprozeß nötig machen. Freilich kann Stern diese Deutung nicht zugeben, denn sie setzt voraus, daß ein Unterschied zwischen Simultanität im eigentlichen, apperzeptiven Sinne und Bewußtseinssimultanität gemacht wird, welcher Unterschied eben für Stern nicht besteht. Und so hilft denn nichts: er ist genötigt, die tatsächliche Sukzession zu etwas realiter simultanen zu machen.

Das vollkommenste Empfindungswahrzeichen der Bewegung soll nun der Nachbildstreifen sein. Er erfüllt alle Bedingungen, die der Autor stellt: die Nachbilder, die durch die sukzessive Reizung eines Netzhautkontinuums entstehen, bilden eine simultane Einheit: ein Nacheinander wird in ein Nebeneinander verwandelt und ermöglicht auf diese Weise ebenfalls, »daß zu seiner Auffassung wiederum ein Zeitmoment genügt«, nämlich der, in dem der abgestufte Nachbildstreifen die Aufmerksamkeit erweckt. Abgestuft ist der Streifen, weil im gegebenen Moment die früher erregten Teile allemal intensiver sind als die später erregten. Abstufung und Ausdehnung vermögen daher Sinn und Richtung der Bewegung anzuzeigen, aber selbst die Geschwindigkeit sollen wir aus allerlei Anzeichen — Länge, Deutlichkeit, Helligkeit — herauslesen können. Nach Stern ist daher — wie schon erwähnt — der Nachbildstreifen beim Sehen von Bewegungen ganz vorwiegend beteiligt. Er erklärt auch die meisten Täuschungen.

Ferner soll die Merkwürdigkeit, daß »die Wahrnehmung der Bewegung nicht an die gesonderte Auffassung einer Mehrheit von Zeitpunkten gebunden ist[1])« sich ebenfalls auf die Tatsache des Nachbildstreifens reduzieren. In der Tat wäre das eine sehr plausible Erklärung. Nur ist sie vielleicht demnach überflüssig. Denn jene allerdings höchst auffallende Tatsache besteht in Wahrheit nur in der Sternschen Formulierung. Diese aber ist nichts als der Ausdruck des schon auf Seite 112 unter Nr. 1 erwähnten Versuches. Zwei verschieden lokalisierte Eindrücke, die sich folgen, uns aber als eben gleichzeitig gelten, werden noch deutlich für sukzessiv gehalten, sobald uns die Strecke zwischen ihnen durch Bewegung ausgefüllt erscheint. Man darf hier fragen: Können zwei zeitlich disparate Reize, die qualitativ und der Wirkungszeit nach identisch sind, überhaupt jemals, auch bei größter Sukzessionsgeschwindigkeit, vollkommen gleichzeitig wahrgenommen werden? Das Experiment sagt ja: es bleibt aber gleichwohl noch ein besonderes Problem. Offenbar ist an jeden eindeutig bestimmten Reizvorgang ceteris paribus ein ebenfalls in irgend einer Weise gesetzmäßig bestimmter Empfindungsvorgang geknüpft, mag im übrigen die Art der Verknüpfung sein, welche sie wolle. Derselbe physiologische Reiz erzeugt unter genau denselben Umständen dieselbe Empfindung. Dieses allgemeine einfachste Gesetz sollte nie ohne Not preisgegeben werden: speziell in unserem Falle ist nicht abzusehen, warum der zweite Reiz seine Empfindung regelmäßig früher hervorrufen sollte als der erste; nur dann aber könnte von einer wirklichen Gleichzeitigkeit beider Empfindungen die Rede sein. Deshalb ist es zweckmäßiger, die Empfindungen in ihrer Gesamtheit als sukzedierend zu fassen und nur anzunehmen, daß sie der Hauptsache nach, das heißt in Hinsicht auf den größten und stärksten Teil des Erregungszustandes allerdings zusammenfallen, während die nicht simultanen Teile ihrer außerordentlichen Geringfügigkeit wegen in unserer Auffassung vernachlässigt werden, also unbeachtet bleiben. Dann aber ändert sich die Fragestellung: es besteht nämlich jetzt die Möglichkeit, daß diejenige Reizanordnung, die zur Bewegungswahrnehmung führt, zugleich andere Aufmerksamkeitsverhältnisse, gleichsam eine Verschiebung des Schwer-

---

[1]) Stern, Die Wahrnehmung der Beweg. usw. § 9, S. 325.

punktes der Beachtung hervorruft, so daß nunmehr die nicht simultanen Teile nicht mehr vernachlässigt werden. Und damit wäre wenigstens ein Weg gewiesen, das Phänomen zu erklären ohne jene sonderbare Annahme über das Verhältnis der Bewegungswahrnehmung zur Zeitauffassung.

Indes: auch wenn man sich hierzu nicht entschließen mag und dem Nachbildstreifen eine ausschlaggebende Bedeutung beimißt, könnte er doch statt als simultane und ruhende Einheit als bewegte in Frage kommen. Denn Stern selbst hebt hervor, daß solche Streifen keine ruhenden Gebilde sind[1]): sie verkürzen sich dauernd nach der Seite des bewegten Objektes hin, sie schrumpfen mehr und mehr zusammen. Also bleibt auch hier noch die Möglichkeit, daß Bewegung im eigentlichen Sinne »gesehen« wird, wenn auch erst mittelbar als Bewegung des Nachbildes.

Diese Tatsache der Nachbildbewegung dient Stern sogar zur Erklärung des sogenannten Oppelschen Uferphänomens[2]). Fixiert man eine Zeitlang einen bewegten Gegenstand, einen Fluß oder eine rotierende Scheibe, so verharrt der Bewegungseindruck auch bei geschlossenem Auge noch kurze Zeit, und ruhende Gegenstände — z. B. das Flußufer — scheinen sich nach dem Relativitätsgesetz im Gegensinne zu bewegen, sobald sie fixiert werden. Das Wesentliche ist also in beiden Fällen der verharrende Bewegungseindruck oder die »gleichgerichtete Nachbewegung«. Stern, der hierüber mit (über zwei Kymographiontrommeln) rotierenden Linienpapier experimentierte[3]), erhielt nach einer Reizwirkung von etwa $^1/_4$ Sek. ein deutliches, wiewohl sehr kurzes derartiges »Bewegungsnachbild«: er hielt es für den »Nachbildstreifen in voller Reinheit«. Die Frage, in wie weit dies berechtigt ist, geht uns hier nichts an: die von Stern selbst[4]) zitierte Beobachtung Dvoraks[5]), nach der die Scheinbewegung im Sehfelde des rechten Auges eintreten konnte, auch wenn die Reiz-

---

[1]) a. a. O. § 44.

[2]) a. a. O. § 22 S. 332; vgl. Oppel, Poggendorffs Annalen Bd. 99, S. 540, Plateau ebend. Bd. 80, S. 287, Purkinje, Med. Jahrb. des österr. St. Bd. 6, S. 96, Wundt, Phys. Psych. [5], Bd. 2, S. 584, Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie Bd. 1, S. 494 (hier zugleich noch einige weitere Literaturangaben).

[3]) Stern, a. a. O. § 33, S. 350.

[4]) Ebenda § 22, S. 332.

[5]) Vgl. Dvorak, Wiener Sitzungsber. II, Bd. 66.

wirkung in dem des linken stattgefunden hatte, spricht vielleicht eher dagegen als dafür.

Wie aber verträgt sich diese Erscheinung mit dem Simultanitätsprinzip des Bewegungssehens? Wenn diese »Nachbewegungen« wirklich ruhende Gebilde sind, wie kann dann das Relativitätsgesetz der Bewegungen auf sie angewandt werden, wie es doch zur Erklärung jener rückläufigen Bewegungen unbedingt nötig ist? Stern hat allerdings hierauf eine Antwort: er kombiniert nämlich die Wahrnehmung der Nachbildstreifen mit dem »Prinzip der Phasenvergleichung«, also mit dem Prinzip, das auch nach seiner Ansicht imstande ist, die Sukzession in der Bewegung als solche zur Auffassung zu bringen. Phasenvergleichung soll überhaupt bei allen Bewegungen stattfinden, die länger andauern als ein »Empfindungsmoment«: es wirkt dann der jetzige Nachbildstreifen mit dem Erinnerungsbilde des vorigen zusammen[1]), »der frühere, nur als Erinnerungsbild noch bestehende Nachbildstreifen wird für übereinstimmend befunden mit dem neuen und demnach als Repräsentant derselben Bewegung nur in einem andern Raumteile angesehen«.

Dieser komplexe Prozeß also soll die Nachbewegungen erklären und nicht nur sie, sondern überhaupt alle Bewegungen, die mehr als einen Empfindungsmoment beanspruchen. Was heißt das aber? Wie lange dauert ein Empfindungsmoment? Zweifellos ist dann die Wahrnehmung der Sekundenzeigerbewegung, wenn sie nur länger andauert als ein Empfindungsmoment, ebenfalls ein Vergleich. Aber damit ist ja eigentlich wieder alles preisgegeben. Zudem besteht nun einmal die Tatsache: von einem Vergleich oder auch nur einer Erinnerung erleben wir nicht das Geringste — auch wenn wir den Sekundenzeiger recht lange Zeit betrachten; und vor allem bemerken wir nichts von dem fundamentalen Unterschiede in der Betrachtung kürzerer und länger andauernder Bewegungen, der doch vorhanden sein müßte, wenn beide Wahrnehmungen auf so ganz verschiedenen Prinzipien beruhten.

Endlich gilt auch noch dies: Stern wird für ein Empfindungsmoment vermutlich eine möglichst kurze Zeitdauer voraussetzen: also müßte bei momentan wahrgenommenen Bewegungen auf Grund des

---

[1]) a. a. O. § 51, S. 375.

Nachbildstreifens deutlich »eine gesehene Bewegung« zutage treten — in Wahrheit sehen wir gerade dann überhaupt keine Bewegung, sondern Ruhe, wie dies die Exposition bei elektrischem Funken oder vorübergleitendem Spalt zur Genüge beweist.

Sogar die Schraubentäuschungen und das Wellenphänomen[1]) sollen (bei genügend kurzer Dauer) durch den Nachbildstreifen ihre Erklärung finden: Da die Geschwindigkeit der Bewegung aus Helligkeitsabstufung und Länge dieses Streifens erkannt wird, solche Eigenschaften aber offenbar und sogar in erster Linie von der Helligkeit des bewegten Gegenstandes selber abhängen, so folgt, daß auch diese Scheinbewegungen (wie schließlich Bewegungen überhaupt) bei heller Beleuchtung den Eindruck größerer Schnelligkeit hinterlassen müssen als im Halbdunkel. Die Beobachtung weiß davon nichts: die Wellen gleiten für uns an düsteren Winterabenden ebenso schnell dahin wie am hellsten Sommermittag. Auch konnte ich niemals die Spur eines Nachbildstreifens an ihnen entdecken.

Freilich kann uns der Nachbildstreifen eine Bewegung vermitteln, nämlich — sobald seine eigene Bewegung als solche gesehen wird. Das wissen wir schon aus früheren Beobachtungen[2]) und wir wissen auch, daß der bloße Nachbildstreifen als simultanes Gebilde niemals eine Bewegungswahrnehmung bewirkt. Die Verzerrungen der Stampferschen Scheibe liefern dafür einen recht brauchbaren Beweis: einen noch zwingenderen aber gewinnen wir, wenn wir uns der Technik des Kinematographen erinnern[3]).

Da war von einem Zahn- oder Zackenrade die Rede, über dessen Achse der Filmstreifen hinweggleitet. Dieses Rad zeigt mit zwingender Deutlichkeit den Eindruck des Stillstehens, auch wenn es tatsächbewegt wird. Die Erklärung ist einfach: da die einzelnen Zacken gleichartig aussehen und stets in gleiche Lage kommen, ist die Möglichkeit gegeben, sie unmittelbar zu identifizieren, nur braucht noch die eine Bedingung erfüllt zu sein, die wir schon kennen: das Rad muß in den betreffenden Lagen eine Zeitlang ruhen; das ist aber hier bekanntlich der Fall: es handelt sich also um eine stroboskopische Täuschung in unserem wohldefinierten Sinne. Durch die Bewegung

[1]) Stern, a. a. O. § 45, S. 366.
[2]) Vgl. oben S. 58.
[3]) Vgl. oben S. 27.

des Rades jedoch entsteht ein Nachbildstreifen, der sich schleierartig zwischen den einzelnen Zacken ausbreitet. Er müßte also fähig sein, eine Bewegungswahrnehmung zu erzeugen: in Wahrheit ist er nicht einmal imstande, den Eindruck der beständigen Ruhe, der nur eine Täuschung ist, aufzuheben oder auch nur abzuschwächen.

Noch bleibt Material zur Verteidigung der Streifentheorie: und es wird unserem Autor geliefert durch — das Stroboskop. Damit sind wir wieder bei unserem alten Thema.

XIX. Der »Nachbildstreifen« — kein Erklärungsprinzip der stroboskopischen Scheinbewegungen. Der *Zweikreuzversuch* ohne Verschmelzung.

Stern teilt in Bezug auf die stroboskopischen Erscheinungen die herkömmlichen Irrtümer, nur hat er sie nicht auf Grund selbständiger Experimente befestigt und vertieft. Er rubriziert diese Bewegungstäuschungen unter die umgeformten Bewegungen[1]). Das ist falsch, wie ausführlich gezeigt wurde, und der bloße Hinweis auf den Kinematographen genügt zur Widerlegung. Nicht Bewegung wird umgeformt, sondern Ruhe in Bewegung verwandelt.

In anderer Hinsicht freilich hat Sterns Auffassung einen Vorzug. Er besteht in der bestimmteren Heraushebung des Bewegungsproblems. Der Autor will ja eben auf Grund der stroboskopischen Phänomene seine eigene Bewegungstheorie rechtfertigen. Und so begegnet uns denn jetzt die Nachbildtheorie von neuem, aber in veränderter Funktion. Sie soll nicht mehr die stroboskopischen Erscheinungen überhaupt erklären, sondern speziell die Bewegungstäuschung. Und dazu dient der Nachbildstreifen. Dabei liegt jetzt der Akzent auf »Streifen«. In der Tat: soll überhaupt in irgend einem Sinne »die Bewegung selber« als sichtbar gedacht werden, soll sie mit anderen Worten gegenständlich manifestiert und also sinnlich wahrnehmbar werden, so kann das nur durch einen einheitlichen Streifen geschehen. Würde er auch nur an einer Stelle unterbrochen, so wäre die Manifestierung keine rein sinnliche mehr: wir müßten die Lücke irgendwie ergänzen, und diese Ergänzung

[1]) a. a. O. § 20, S. 329.

wäre bereits ein weiterer, nicht mehr sinnlich manifestierter, psychologischer Prozeß.

Und noch in einem anderen Sinne bedürfen wir dieses Streifens in seiner qualitativ bestimmten Eigenart.

Wenn während einer photographischen Aufnahme ein Gegenstand, etwa eine Kugel, vorn vor dem Apparat vorüberfliegt, so entsteht auf dem Bilde ein Streifen, ganz analog dem Nachbildstreifen. Und der Betrachter folgert dann vielleicht: die Kugel hat sich bewegt. Warum eigentlich? Offenbar auf Grund — nicht des Streifens überhaupt, sondern seines verschwommenen und verwaschenen Aussehens. Und verschwommen und verwaschen heißt etwas anderes als bloß undeutlich, schwach oder schlecht sichtbar. Ein verschwommenes Bild ist durch andere gleichzeitig vorhandene Wahrnehmungen verdeckt oder sonst auf ähnliche Weise beeinflußt: und das gilt nun auch von jenem Streifen. Er zeigt (von Anfang und Ende abgesehen) an jeder Stelle eine ganze Folge von Bildern verschiedener Teile der Kugel übereinander gelagert: er ist also eine Störungserscheinung. Trotzdem bleibt er natürlich ein simultanes Kontinuum und wird unter allen Umständen als solches gesehen: aber er kann als Störungserscheinung gedeutet werden und weiterhin dann als Bewegung. Wenn nun aber keine Störungserscheinungen vorhanden sind? In unserem Falle wäre dann eine Reihe von untereinander wohl abgegrenzten Kugelbildern nebeneinander (ev. sogar unmittelbar nebeneinander) sichtbar; es ist ganz gleichgültig, ob einige von ihnen an sich undeutlich, vielleicht kaum zu erkennen sind. Immer aber erscheinen sie uns als eine Mehrheit von Bildern, die niemals als Bewegung aufgefaßt werden kann.

Diese Betrachtungen lassen sich auf Netzhautreizungen sehr leicht übertragen. Das Wesentliche ist auch hier: Nachbilder, wenn sie überhaupt Bewegungen symbolisieren sollen, können das nur als verschwommene streifenförmige Gebilde, die diejenige Fläche ausfüllen, welche von dem bewegten Gegenstande durchstrichen wird. Es ist also ganz selbstverständlich, daß Stern solche Streifen auch bei den stroboskopischen Bewegungen voraussetzt. Aber — und das ist nun der Humor bei der Sache — gerade bei diesen Phänomenen ist das Vorkommen derartiger streifenförmiger Nachbilder der exponierten Objekte in den allermeisten Fällen a priori ausge-

schlossen. Man denke nur an unser Experiment. Die einzelnen Radspeichen sind um 15 Winkelgrade von einander entfernt. Wenn bei einer Exposition das Nachbild der vorigen Phase noch vorhanden ist, so sehen wir ein achtspeichiges Rad, das nichts ist, als die Kombination beider Bilder. Dagegen fehlt jede Ähnlichkeit mit einem Nachbildstreifen: denn es kann keine Rede sein von einer Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen beiden Phasenstellungen, wie es doch im Sinne der (natürlich auch an sich noch verkehrten) Theorie erforderlich wäre.

Noch deutlicher wird das, wenn wir Versuche heranziehen, bei denen überhaupt nur zwei Phasenstellungen exponiert waren. Hier ist jede Speiche von der anderen um 45^{0} entfernt — woher soll da ein Nachbildstreifen kommen? Nehmen wir aber an, er wäre dennoch vorhanden, wie soll sich aus ihm die Tatsache erklären, daß die Bewegung bald nach dieser, bald nach jener Richtung zu erfolgen scheint? wie vollends die Möglichkeit, überhaupt ganz verschiedenartige Bewegungen unter denselben objektiven Bedingungen wahrzunehmen?

Stern beruft sich auf Fischer: »durch zahlreiche Experimente zeigte er, daß beim Stroboskop der Bewegungseindruck dann eintrete, wenn eine neue Phasenfigur ihr Bild auf die Netzhaut wirft, ehe noch das Nachbild der vorhergehenden ganz verschwunden ist«. In Wahrheit hat dies Fischer nicht durch zahlreiche Experimente gezeigt: vielmehr ergaben seine Versuche gewisse Gesetzmäßigkeiten, und erst auf Grund dieser Gesetzmäßigkeiten gelangte er zu jener Behauptung, aber nicht unmittelbar, sondern durch eine vergleichende Betrachtung, deren Anfechtbarkeit ich hoffe genügend gezeigt zu haben.

Aber wenn nun — bei sehr rascher Folge der Phasenexpositionen — zwar keine Streifen, aber doch andere Nachbilder vorhanden sind, wird dann nicht wenigstens der Bewegungseindruck unterstützt? Genau das Gegenteil ist der Fall: er wird gänzlich aufgehoben.

Auch für diese Untersuchung ist die Exposition von nur zwei Phasen die zweckmäßigste, und zwar noch aus einem besonderen Grunde: je weiter die einzelnen Phasen von einander entfernt sind, um so deutlicher können die Nachbilder als isolierte Gebilde auftreten, um so weniger also besteht die Gefahr, daß sie durch die Nachbar-

schaft von Teilen des neuen Bildes an selbständiger Wirkung verlieren. Wir wählen wieder unser stehendes und liegendes Kreuz; den Radkranz nämlich können wir sparen, er trägt zum Zustandekommen der Täuschung gar nichts bei.

Man sieht leicht, was hier durch Nachbildwirkung eintreten *muß*: die beiden Phasenbilder lagern sich übereinander, und man erhält eine einzige, scheinbar dauernd exponierte achtstrahlige Figur. Sobald dies mit Deutlichkeit der Fall war, betrug das mittlere Intervall 0,115 Sek.[1]) Natürlich war hier von einer Bewegungswahrnehmung keine Rede.

Die Frage ist nun: was geschieht unmittelbar *vor* dem Eintritt solcher Doppelbilder, wo also schon Nachbilder vorhanden sind, denen es jedoch an Intensität noch fehlt, um »objektiviert«, d. h. als selbständige Gebilde gesehen zu werden? Hier trat regelmäßig bei allen Beobachtern eine mehr oder minder deutliche *Störung* ein. Das heißt: die Drehung erfolgte ruckweise und setzte auch wohl ganz aus, oder es wurden nur pendelnde Bewegungen gesehen. Die *schwachen* Nachbilder haben also nicht etwa die geheimnisvolle Kraft, eine Wirkung auszuüben, die der der *intensiven* entgegengesetzt wäre, sondern auch *sie schädigen* die Erscheinung: nur sind sie nicht imstande, sie völlig aufzuheben.

Im übrigen haben wir nur auf unsere früheren Experimente über die Nachbildfrage hinzuweisen. Wir wissen ja bereits, daß auch *dann* noch deutlich *Bewegung* gesehen wird, wenn *nicht* einmal *Verschmelzung* der einzelnen Expositionen eingetreten ist. Und es fragt sich nur, wie *unsere Rotationsbewegung* in diesem Falle modifiziert wird. Die einfache Antwort lautet: *überhaupt nicht*. Trotz dieser *abnormen* Phasenbilder wird noch bei *deutlichem Bewußtsein der Verdeckung Bewegung gesehen*; und zwar ist gerade hier die *drehende* Bewegung überwiegend.

Für die Herren Dr. *Heidenhain*, Dr. *Witwitzki*, Dr. *Mittenzwey* und mich selbst ergaben sich folgende Grenzwerte:

---

[1]) Das Ergebnis bezieht sich auf den Verfasser als Versuchsperson. Es stimmt mit dem Ergebnis ähnlicher Versuche *Fischers* (auch zahlenmäßig, wenn man die etwas veränderten Bedingungen in Betracht zieht) so gut überein, daß mir weitere Versuche hierüber überflüssig erschienen. Vgl. *Fischer*, a. a. O. S. 143.

Tabelle VI.

Beob.	Untere G.	Mittl. V.	Obere G.	Mittl. V.
H	0,623 Sek.	0,004	0,639 Sek.	0,012
W	0,725 »	0,005	0,751 »	0,024
M	0,662 »	0,021	0,682 »	0,009
L	0,679 »	0,009	0,702 »	0,023

Damit ist — denke ich — die Frage nach dem Einfluß der Verschmelzungs- und Nachbilderscheinungen auf das stroboskopische Sehen endgültig beantwortet.

XX. Farbe, Gestalt, Lage. Der relativ kontinuierliche Übergang.

Wenn aber diese Phänomene nicht herangezogen werden dürfen, so erhebt sich jetzt um so dringlicher die Frage nach der wahren Ursache unserer Scheinbewegungen. Einen sehr wichtigen Fingerzeig geben uns schon die bisherigen Versuche. Wir wissen ja mit Sicherheit, daß alle stroboskopischen Täuschungen Identifikationstäuschungen sind, und weiterhin, daß zum Zustandekommen der Identifikation Gleichartigkeit des Aussehens erforderlich ist.

Was aber heißt das? Wie äußern sich etwaige Modifikationen dieser Gleichartigkeit in der Bewegung? Wie ändert sich die Erscheinung, wenn nur in der Gestalt, aber nicht in der Farbe Gleichartigkeit besteht?

Auch hier ist wieder das Experiment mit den beiden Kreuzen am zweckmäßigsten. Wir werden erwarten, daß die Bewegung nur noch in einem Sinne erfolgen kann, sobald einer der Durchmesser, die das Kreuz zusammensetzen, in der Farbe ausgezeichnet ist. In der Tat bestätigte dies der Versuch. Der Durchmesser, dessen scheinbare Bewegung im Sinne des Uhrzeigers erfolgen mußte, erhielt eine leuchtend grüne Farbe[1]). Es ergab sich, daß die Drehung nun wirklich in diesem Sinne gesehen wurde. Und doch war die Erscheinung nicht so ausgeprägt, wie ich erwartet hatte. Es gelang nämlich den Beobachtern durchweg, sobald sie sich dazu zwangen,

[1]) Natürlich war hierzu die Exposition von vier Phasenbildern erforderlich.

freilich auch nur dann, dennoch eine deutliche Drehung nach der anderen Seite zu Wege zu bringen.

Der Versuch erlitt keine wesentliche Änderung, wenn statt der grünen Farbe eine rote verwendet wurde, oder wenn statt des Durchmessers nur ein Halbmesssr oder auch zwei benachbarte Halbmesser gekennzeichnet waren. Bemerkenswert ist auch, daß der eintretende Farbenwandel selber recht wohl gesehen werden konnte, ohne daß dadurch eine Störung eintrat.

Nun wählte ich die Kreuze überhaupt in verschiedenen Farben, d. h. ich exponierte ein grünes und ein schwarzes Kreuz abwechselnd. Der Effekt war überraschend. Es ergab sich nämlich gar kein nennenswerter Unterschied: d. h. es wurde Drehung und Pendeln gesehen, genau als ob die Farbe einheitlich gewesen wäre: dementsprechend trat auch wieder ein Wechsel in der Drehungsrichtung mit Leichtigkeit ein. Natürlich erfolgte während der scheinbaren Rotation fortgesetzt Farbenwandel, der deutlich bemerkt wurde.

Nun versuchte ich noch weiter zu gehen: ich beschloß den Kontrast der Lichtqualitäten aufs höchste zu steigern und exponierte statt des grünen Kreuzes ein weißes auf schwarzem Grunde. Selbst jetzt konnte noch Drehung gesehen werden — freilich erst bei Verschmelzung, und auch da nur bei »Zwang«, d. h. es bedurfte einer besonderen Willensanstrengung der Beobachter, um die Erscheinung der Rotation herzustellen — auch war sie, wenn sie eintrat, so schwankend und von so unbestimmter Dauer, daß eine Feststellung der Intervallgrenze, die an sich hier sehr interessant gewesen wäre, von vornherein als illusorisch erschien. Gleichwohl war auch dieses Phänomen bei allen beteiligten Versuchspersonen — Herrn Dr. Urban, Herrn Dr. Mittenzwey und mir selbst — sobald es überhaupt eingetreten war, mit voller sinnlicher Deutlichkeit wahrzunehmen.

Aus allen solchen Versuchen geht jedenfalls das eine mit voller Sicherheit hervor: die Gleichartigkeit der Phasenbilder zeigt sich, soweit sie stroboskopisch wirksam ist, in einem ganz auffallend geringen Grade an die Farbe gebunden, und wir werden daher eine um so größere Abhängigkeit von der Gestalt zu erwarten haben.

Bei den bisherigen Bildern war — nach unserer Annahme wenigstens — nur eine Verschiedenheit der Lage, nicht aber der Ge-

stalt in Frage gekommen. Es wird deshalb nunmehr die Aufgabe sein, zu dieser Lagedifferenz noch einen Gestaltunterschied hinzuzufügen. Das geschieht leicht, wenn wir in der einen der beiden Figuren den Schnittwinkel der Durchmesser verändern. Ich exponierte die in Fig. 3 wiedergegebenen beiden Bilder. Es ergab sich eine gleichgerichtete pendelnde Bewegung der Durchmesser. Wiewohl also die Schwingungen unabhängig voneinander erfolgten, übten sie doch einen gegenseitigen Einfluß aus. Denn die bei rechtwinkliger Kreuzung mögliche Rotationsbewegung war aufgehoben. Gerade das aber erklärt sich eben aus jener Unabhängigkeit. Denn nach dem

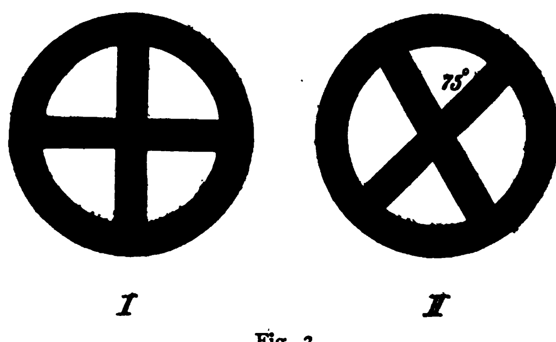


Fig. 3.

früher entwickelten Gesetz[1]) muß die Bewegung der kleinsten Lagedifferenz folgen, und damit ist sie in unserem Falle vollkommen eindeutig bestimmt.

Lassen wir den spitzen Winkel kleiner werden, so werden natürlich auch die Elongationen des zunächst vertikalen Durchmessers kleiner, um schließlich bei 45° ganz aufzuhören und bei noch fortgesetzter Verkleinerung im entgegengesetzten Sinne zu erfolgen. Kurz: auch der Gestaltunterschied vermag entscheidend auf die Art der Bewegung einzuwirken.

Aber — ist das nicht im Grunde eine sonderbare Behauptung? Bewegung sehen heißt und kann nur heißen: denselben Gegenstand bewegt sehen, und diese Identität schien uns an Gleichartigkeit gebunden, und zwar speziell an Gleichartigkeit der Ge-

---

[1]) Vgl. oben S. 108.

stalt: das, was schließlich (durch die stroboskopische Betrachtung) identifiziert wurde, mußte schon vorher identisch sein, nämlich identisch hinsichtlich der Gestalt. Und nun müssen wir erfahren, daß Bewegung und also auch Identität bestehen kann, ohne vom stroboskopischen Sehen unabhängige, qualitative Identität. Worauf aber gründet sich dann die stroboskopische Identifikation, die doch tatsächlich besteht?

Es scheint hier einen sehr einfachen Ausweg zu geben: wir haben ihn im Grunde sogar schon stillschweigend benutzt. Die Bewegung, die in unserem Falle tatsächlich erfolgte, konnten wir direkt aus unserem Lagegesetz ableiten; darin liegt offenbar eine Zurückführung der gestaltlichen Verschiedenheit auf eine solche der Lage. Die Gleichartigkeit aber ist auch jetzt noch vorhanden, nur nicht mehr als Gleichartigkeit des Ganzen, sondern seiner Teile, nämlich der einzelnen Speichen oder Durchmesser.

Nun gelingt aber auch folgender Versuch. Wir exponieren statt der beiden Kreuze zwei Kreise, die in ihrer Größe um ein beliebiges, aber deutlich merkbares Stück von einander abweichen. Dann sieht man — wieder mit voller sinnlicher Deutlichkeit — einen einzigen Kreis sich ausweiten und wieder zusammenziehen, und ganz dasselbe tritt ein, wenn an Stelle des einen Kreises etwa eine Ellipse exponiert ist. Gewiß: wir können unser Gesetz auch hier schließlich noch aufrecht erhalten, wir können gleichartige Teile beider Bilder aufsuchen und dann behaupten, daß sie es seien, durch deren Identifikation die Wahrnehmung der Bewegung zustande komme. Aber das können wir doch eben erst auf Grund des Versuches. Welche Elemente sind denn den beiden Figuren gemeinsam, d. h. welche Teile der einen kehren in der anderen in unveränderter Gestalt und Größe wieder? Schlechthin keine. Der Versuch gelingt auch noch, wenn statt des Kreises und der Ellipse ein Kreis und ein — in der Größe nicht allzusehr differierendes — Dreieck geboten werden. Hier ist der Sachverhalt vollends deutlich. Die Dreieckseiten ändern bei der Bewegung nicht bloß ihre Lage, sondern auch die Gestalt. Haben wir nun zwei Gesetze anzunehmen, ein Lagegesetz und ein Gestaltgesetz? Nichts wäre verkehrter.

Die Sprache ist durchsetzt mit Begriffen, deren abstrakte Natur durch die Leichtigkeit ihrer Handhabung im täglichen Gebrauch ein

wenig verschleiert ist, sodaß die Gefahr besteht, die Prozesse, die zu ihrer Entstehung geführt haben, zu übersehen und auch da noch mit solchen Begriffen zu operieren, wo logische Beziehungen nicht oder doch nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden dürfen. Das gilt auch hier. Ein Wahrnehmungsinhalt besitzt nicht Lage und Gestalt als getrennte Teile nebeneinander, und es ist im Grunde gar keine sehr einfache Abstraktion, wenn bei der Betrachtung der einzelnen Rotationsphasen von der verschiedenen Lage derselben Gestalt gesprochen wird. Freilich, wenn diese Gestalt uns so vertraut ist, wie die des Rades, dann erkennen wir sie auch in den verschiedensten Lagen. Aber das bloße Kreuz — also das vierspeichige Rad, das des Kranzes beraubt ist — verhält sich schon anders. Für unsere unmittelbare Wahrnehmung erscheint ein liegendes und ein stehendes Kreuz nicht als dieselbe Figur; sondern beide sind, wenn auch ähnlich, so doch jedenfalls verschieden: als gleich erkannt werden sie erst auf Grund intellektueller Operationen[1]; auf dem Wege der Abstraktion wird die ursprüngliche Verschiedenheit aufgelöst in Gleichheit oder[2]) Identität hinsichtlich der Gestalt und noch restierende Verschiedenheit hinsichtlich der Lage.

Bei unseren Versuchen aber handelt es sich durchweg um unmittelbare Wahrnehmung, wir dürfen also gewiß nicht ohne weiteres die abstrakte Unterscheidung voraussetzen. Das heißt: wir haben Gestaltveränderung nicht auf Lageveränderung zu reduzieren, sondern müssen von der noch ungetrennten Gesamtheit von Gestalt und Lage ausgehen. Dann aber gewinnen wir die gesamte räumliche Bestimmtheit des jeweils gegebenen Wahrnehmungsbildes, die wir die Gesamtgestaltung oder die Gesamtkonfiguration des betreffenden Gesichtsbildes nennen können.

Und nun können wir sehr einfach sagen: Bei richtiger stroboskopischer Vorführung gehen die Wahrnehmungen ähnlicher Gesamtgestaltungen in einander über, sie bilden eine einzige Einheit und der Übergang wird als Bewegung gesehen. Die

---

[1]) Ähnliche Betrachtungen finden sich bei Mach: Analyse der Empfindungen, 3. Aufl. S. 83 f. und Wiener Sitzungsbericht Bd. 43, S. 215 (Über d. Sehen von Lagen und Winkeln).

[2]) Über die Berechtigung des »oder« in diesem Falle vgl. Linke: Humes Lehre v. Wissen, Philos. Stud. Bd. 17, S. 668, desgl. Husserl: Log. Unters. Bd. 2, S. 112 f.

Ähnlichkeit kann eine sehr geringe sein, d. h. es haben Figuren noch als ähnlich zu gelten, die nach Größe, Gestalt und Lage ihrer Teile bei nichtstroboskopischer Betrachtung schon sehr wesentlich von einander abweichen.

Der Vorteil dieser Formulierung ist deutlich: sie umfaßt nicht nur alle die Fälle, die sich dem bloßen Lagegesetz entziehen, sondern macht auch einen Zusatz überflüssig, den wir dort anbringen mußten. Es hat jetzt keinen rechten Sinn mehr zu sagen, die Bewegung folge stets der kleinsten Abweichung. Unmittelbar treten ja immer nur zwei ähnliche Gesamtbilder miteinander in Beziehung. Und da Ähnlichkeit in jedem konkreten Falle einen ganz bestimmten Grad[1]) der Abweichung bezeichnet, so ist jeder weitere Zusatz unnötig. Folgen zwei vierspeichige Räder aufeinander, deren Stellungen um 15° von einander abweichen, so kann die abstrakte Betrachtung zwar auch jene beiden Speichen auf einander beziehen, die um 75° differieren, nicht aber die unmittelbare Anschauung. Denn die Ähnlichkeit der Gesamtfiguren fordert ausschließlich die Zusammenstellung der Speichenbilder, die tatsächlich die Bewegungswahrnehmung bewirken. Die zweite Gesamtgestalt scheint aus der ersten durch eine kleine Drehung enstanden: und diese Drehung glauben wir direkt zu sehen.

Aber wir müssen in unserer Abwehr einer abstrakten Auffassung noch weiter gehen. Es wäre ein Mißverständnis unserer Formulierung und überhaupt ein Vorurteil, zu glauben: die Ähnlichkeit der vorgeführten Figuren werde erkannt und erst dadurch dann sekundär die Wahrnehmung der Scheinbewegung ausgelöst. Davon war nie etwas zu bemerken. Denn offenbar ist das stroboskopische Sehen viel einfacher als alle Erkenntnis von Ähnlichkeit. Als ähnlich erkannt werden kann nur numerisch verschiedenes, also eine Zweiheit oder Mehrheit. Diese Mehrheit aber fehlt hier — nämlich für unser unmittelbares Bewußtsein.

Erlebt wird im Grunde nichts anderes, als was auch sonst erlebt wird, wenn wir längere Zeit — also kontinuierlich — eine beliebige sinnliche Wahrnehmung haben. Auch hier werden wir bei einer

---

[1]) Das gilt auch für den »Zweikreuzversuch«: nur ist der Grad der Abweichung hier nach zwei Richtungen derselbe.

relativ geringfügigen Änderung — mag sie auch noch so deutlich bemerkt werden — schwerlich von einer neuen, zweiten Wahrnehmung reden, sondern die erste scheint auch dann noch weiterhin vorhanden, nur eben in modifizierter Weise. Erst bei starken Änderungen pflegen wir eine Zweiheit von Wahrnehmungen anzunehmen: damit ist ausgedrückt, daß das Neue, das die zweite Wahrnehmung bietet, sich nicht an Elemente des unmittelbar zuvor erlebten angliedert oder sie teilweise fortsetzt, sondern daß gerade dieser mehr oder minder kontinuierliche Verlauf des wahrnehmenden Erlebens eine deutlich merkbare Unterbrechung erleidet.

Erst die weitere Tatsache, daß eine solche Kontinuität des Übergangs mittelbar auch dann noch erlebt werden kann, wenn das, was sie auslöst oder worauf sie sich bezieht, in anderer Hinsicht doch wieder getrennt, d. h. numerisch verschieden ist, vermag das zu begründen, was wir Ähnlichkeit nennen dürfen.

Man sieht also, in welchem Sinne allein bei den stroboskopischen Erscheinungen von Ähnlichkeit gesprochen werden kann: im Sinne einer abstrakteren (aber doch bequemen) Formulierung von etwas, das hier völlig konkret gegeben ist. Denn sie führen uns in voller Reinheit den Prozeß jenes relativ kontinuierlichen Übergangs vor, jenes Übergangs also, der erst beim Hinzutritt des Bewußtseins der numerischen Verschiedenheit ein Ähnlichkeitserlebnis ergibt.

Von relativer Kontinuität aber muß gesprochen werden, weil das Bewußtsein der Änderung, ja der Unterbrechung, wenn es nur geringfügig genug ist, keineswegs fehlt. Zugleich ist klar, daß fortgesetzte Verstärkung dieses Bewußtseins, die unmittelbar erlebte Kontinuität zerstören und schließlich ein Bewußtsein numerischer Verschiedenheit hervorbringen muß. Wir kennen den einfachen experimentellen Beweis dafür: werden die Intervalle über einen bestimmten Wert hinaus vergrößert oder werden heterogene Bilder exponiert, so haben wir wirklich den Eindruck einer Mehrheit von Objekten.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei noch dieses bemerkt: das Kontinuitätsbewußtsein wird selbstverständlich durch die dargestellten Gegenstände ausgelöst: auf sie als unmittelbar gegebene Einheit scheint es bezogen und eben dadurch werden sie »identifiziert«.

Nur von solchem Kontinuitätsbewußtsein war hier natürlich die Rede. Neben ihm aber kann ein ganz anders geartetes Kontinuitätsbewußtsein vorhanden sein, und dieses stellt sich gerade dann ein, wenn die dargestellten Gegenstände nicht als solche beachtet werden. Man kann selbstverständlich jedes Bild einfach als Fläche von einer bestimmten Helligkeit ansehen. Geschieht das in unserem Falle, so entsteht möglicher Weise auch dann ein Kontinuitätsbewußtsein, wenn völlig heterogene Bilder exponiert werden: Voraussetzung ist nur, daß die Bilder ohne merkbare Unterbrechung aufeinander folgen, d. h. also daß Verschmelzung vorliegt: in der Tat ist ja dann der Helligkeitsgrad des während der Versuchszeit gegebenen Empfindungsinhalts annähernd »derselbe« — nur besteht hier nicht die mindeste Beziehung zum kinetoskopischen Sehen.

XXI. Beeinflussung der jeweiligen Bildauffassung durch Assoziationen und dadurch bedingte Modifikation der Bewegungswahrnehmung.

Mit der Feststellung eines solchen relativ kontinuierlichen Übergangs der einen Form (oder genauer Gesamtgestaltung) in die andere ist nun an und für sich noch nicht viel gewonnen: die entscheidende Frage richtet sich offenbar darauf, wie es denn kommt, daß dieser Übergang als Bewegung gedeutet, ja gesehen wird.

Es liegt nahe, hier an assoziative Einflüsse zu denken. Was wir in Bewegung sehen, sind stets Gegenstände; es sind uns keine bloßen Empfindungen gegeben, sondern Vorstellungen. Und das heißt: unsere Wahrnehmungen sind nicht nur bedingt durch die gerade gegenwärtigen Reize, sondern zu einem größeren oder geringeren Teile durch Wirkungen früherer Erfahrungen.

Freilich bedeutet das nicht, daß solche früheren Erfahrungen da zu sein scheinen zugleich mit dem Bewußsein, sie seien frühere Erfahrungen, daß sie also einen Erinnerungsvorgang einleiten, sondern nur: sie wirken ergänzend und umgestaltend auf die gegenwärtigen Eindrücke, sie verschmelzen mit ihnen zu simultanen Gebilden. Wundt nennt solche simultanen Assoziationen bekanntlich Assimilationen[1]), und wir werden erwarten müssen, daß sie auch bei unseren

---

[1]) Wundt, Phys. Psychol. [5], Bd. 3, S. 528 ff.

Erscheinungen eine Rolle spielen. Das ist in der Tat der Fall. Am schlagendsten beweist es folgender Versuch. Wir exponieren vier gleichgroße Halbkreise, deren konkave Seite nach oben gerichtet ist: innerhalb jeder Figur, die Peripherie berührend, ist ein Punkt, d. h. ein kleiner schwarzer Vollkreis gezeichnet: der erste links, der dritte rechts oben am Rande, die beiden anderen unten in der Mitte. Es entsteht sehr deutlich der Eindruck der rollenden Bewegung einer »Kugel« auf der Peripherie, die als eine Art Rinne erscheint. Exponiert man dagegen die Punkte ohne die Rinne, so wird von dem Rollen nichts mehr gesehen: der Punkt hüpft aus einer Lage in die andere. Der Weg, den wir zwischen zwei Phasen ergänzen, ist also nicht immer der kürzeste; maßgebend ist vielmehr der einfachste Weg, wie er durch die jeweiligen Vorstellungen bedingt ist.

Aus solchen assimilativen Einflüssen erklärt sich auch die Tatsache, daß trotz gleicher objektiver Faktoren die Art der gesehenen Bewegungen bei den verschiedenen Beobachtern, ja selbst bei denselben Beobachtern und sogar innerhalb desselben Versuches außerordentlich differieren konnte. Es kommt eben immer auf die Vorstellungen an, die im Moment der Beobachtung gerade dominieren.

Davon noch einige weitere Beispiele.

Das Intervall betrug wieder immer 0,2 Sek. Exponiert waren zuerst folgende drei Phasen:

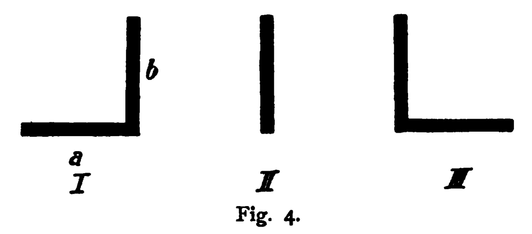


Fig. 4.

Herr Dr. Heidenhain sieht eine drehende Bewegung von *a* um *b* als feststehende Achse: die Bewegung erstreckt sich also in die Tiefe. Bald darauf bemerkt er ein bloßes Zusammenschrumpfen von *a* »in *b* hinein« und ein Wiederhervortreten auf der anderen Seite. Endlich kann er die Erscheinung auch noch als Herauf- und Herunterklappen von *a* auffassen.

Herr Dr. Witwitzki hat bei demselben Experiment dieselben

Erscheinungen, jedoch nicht die des Zusammenschrumpfens. Ich selbst sehe nur das Herauf- und Herunterklappen.

Zweitens wurden folgende drei Bilder exponiert:

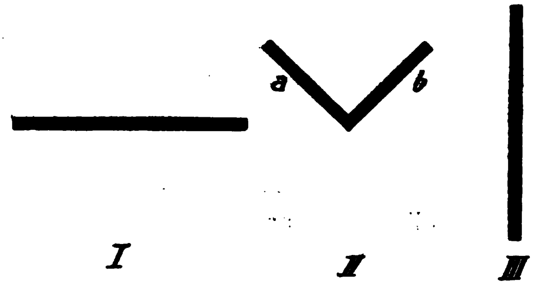


Fig. 5.

Herr Dr. Heidenhain: Bild I bewegt sich um seine Mitte nach oben bis zur Stellung II, dann klappt *a* nach unten um, *b* nach oben.

Herr Dr. Witwitzki: dasselbe, doch statt der letzten Bewegung eine Drehung um den Endpunkt von *b* nach rechts mit gleichzeitiger vertikal nach unten gerichteter Bewegung von *a*.

Ich selbst sehe die letzte Phase wieder anders: die beiden Schenkel schlagen zusammen und verlängern sich gleichzeitig nach unten.

Drittens: Exponiert:

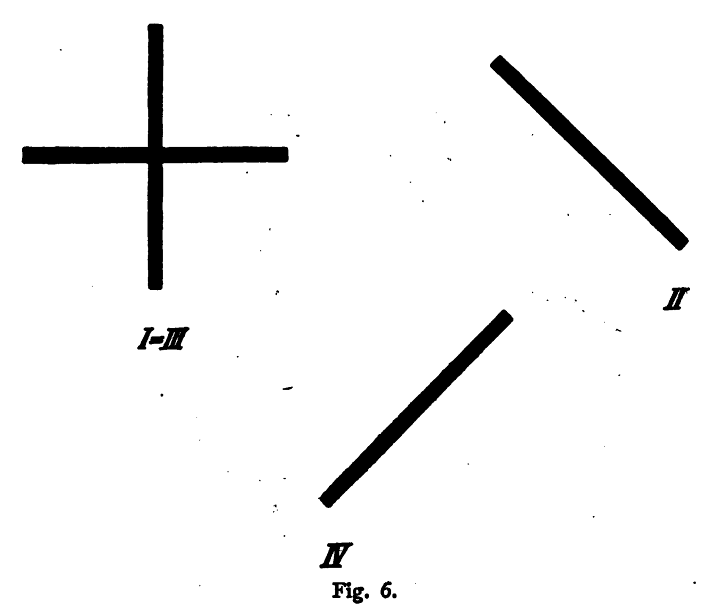


Fig. 6.

Herr Dr. Heidenhain: Undeutliche »pendelnde« Bewegung des Kreuzes.

Herr Dr. Witwitzki: 1) Undeutlich sich nach rechts oder links drehendes Kreuz.

2) Kreuz, dessen horizontaler Arm sich nach links und rechts ausbeugt, während der vertikale eine unbestimmte Bewegung macht.

3) Kreuz, dessen vertikale Arme sich nach links und rechts hinunterbeugen, während der horizontale stehen bleibt.

Ich selbst: 1) Kreuz, das sich in unbestimmter Weise dreht.

2) Die Quadranten links oben und rechts unten schlagen zusammen, so daß eine Gerade (= II) gebildet wird: sodann klappen sie zum Kreuz auseinander, das sich dann wieder in ganz ähnlicher Weise zur Phase IV zusammenschließt.

Viertens: Exponiert:

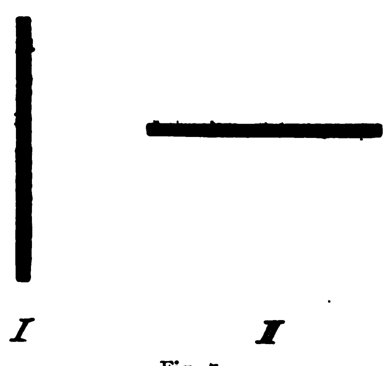


Fig. 7.

Herr Dr. Heidenhain: Umklappen von I nach rechts oder links bis zu II.

Herr Dr. Witwitzki: »Es scheint wie ein Mensch, der mit den Beinen im Wasser steht, sich zurückbeugt und nun mit dem ganzen Körper auf dem Wasser liegt«.

Ich selbst sehe — offenbar durch diese anschauliche Schilderung beeinflußt — dasselbe.

Es ist kein Zweifel, daß es auch bei unserem bekannten »Zweikreuzversuch« solche assimilative Einflüsse sind, die die Drehungsrichtung bestimmen. Nur gelingt es nicht, sie nachzuweisen. In gewissen Fällen aber doch. Man erinnert sich, daß Richtungswechsel

auch dann noch eintreten konnte, wenn immer zwei Kreuze oder vielmehr Räder gleichzeitig exponiert waren: ein kleineres neben dem von gewöhnlicher Größe. Als ich nun diesen Versuch wiederholte, behauptete einer der Beobachter, Herr Tridapalli, er könne die gleichsinnige Drehung dann dauernd festhalten, wenn er sich die Figur als »Hochrad« vorstelle. Doch brauche diese Vorstellung nicht wirklich vollzogen zu sein, vielmehr genüge das ganz dunkle, gewissermaßen »gefühlsmäßige« Bewußtsein, daß eben dieses die Assoziation sei. Ich beschloß nun dieselbe Assoziation auch anderen Beobachtern nahe zu legen. Das hatte indes nur teilweise Erfolg: die Ursache aber war bald zu finden: der Versuch scheiterte an den physikalischen Kenntnissen der Beteiligten. Wegen ihrer gleichartigen Phasenbilder drehten sich nämlich die beiden Räder mit ganz derselben Winkelgeschwindigkeit, und das widerstrebte der Vorstellung eines bewegten Hochrades. Deshalb exponierte ich zwei gleichgroße Räder nebeneinander. Ich hoffte, es werde sich die Assoziation an die jetzt gebräuchlichen Fahrräder einstellen, aber die Vorstellung einer sich kreuzenden Transmission schien mindestens ebenso nahe zu liegen, so daß dadurch wieder das Ergebnis verwirrt wurde.

Nunmehr ging ich daran, ein wirkliches Fahrradbild zu exponieren. Die Zeichnung stellte ein »Rover« dar, dessen Urbild freilich kaum ein brauchbares Vehikel abgegeben hätte: die Konturen war sehr derb gezeichnet und als Speichen dienten nur unsere zwei bekannten gekreuzten Durchmesser. Selbstverständlich waren auch jetzt nur zwei Bilder gegeben.

Ich exponierte zunächst in zehn Versuchen zwei bloße Räder, die nach Größe, Gestalt und Lage genau den Fahrradrädern entsprachen: dann erst ging ich zur Darbietung der Fahrräder selbst über.

Die Ergebnisse zeigt die folgende Tabelle. Die Beobachter waren die Herren Tridapalli und Friedrichs. Zwischen den einzelnen Beobachtungen war eine Pause von 3—5 Minuten, die Dauer jedes Versuches betrug 30 Sek., die des konstanten Intervalles wieder 0,2 Sek. Das Zeichen *g* bedeutet gleiche, *e* entgegengesetzte Rotationsrichtung. Stehen beide Buchstaben nebeneinander, so ist während des Versuches selber Drehungswechsel eingetreten.

Bemerkenswert ist besonders, daß in der zweiten Versuchsreihe

Herr **Tridapalli** zwar sehr häufig eine Änderung in der **Rotationsrichtung** wahrnahm, jedoch niemals eine solche, die der Vorstellung eines **laufenden Fahrrades** widersprochen hätte.

Tabelle VII.

Trid.	Trid.	Fried.	Fried.
einz. R.	Fahrrad	einz. R.	Fahrrad
e	*g*	*g*	*g*
e	*g*	*g*	*g*
g	*g*	*e*	*e* (2 unabh. R.)
e	*g* (rückw.)	*g*	*g*
e	*g* (vorw.)	*e*, *g*	*g*
e	*g* (rückw.)	*g*, *e*	*g*
e	*g* (vorw.)	*g*	*g*
g	*g* (rückw.)	*g*, *e*	*e*
g	*g* (rückw.)	*e*	*e*
g	*g* (vorw.)	*g*, *e*	*g*

Das Vorhandensein assoziativer Einflüsse aus früheren Erfahrungen unterliegt keinem Zweifel, und es steht fest, daß durch sie die Art der gesehenen Bewegung sehr wesentlich mitbestimmt wird, besonders, wenn die objektiv gebotenen Phasen so deutliche Unterschiede zeigen, wie in den letzten Fällen.

Man könnte versucht sein, noch weiter zu gehen. Vielleicht sind solche Assimilationen immer beteiligt, und der stroboskopische Bewegungseindruck ist letzten Endes nichts als die Wirkung von früher wahrgenommenen realen Bewegungen. Die kinetoskopischen Täuschungen ständen dann ganz auf derselben Stufe wie etwa die Lesetäuschungen bei tachistoskopischem Sehen[1]).

Bis zu einem gewissen Grade verhält es sich auch tatsächlich so; nur wäre es verkehrt, darüber einen wichtigen Unterschied zu übersehen, der dennoch besteht und bestehen muß, sollen die schon gewonnenen Ergebnisse nicht wieder preisgegeben werden. Zur Entstehung einer Lesetäuschung ist außer dem gesamten psychischen Tatbestande der Assimilation selber nichts weiter vonnöten als die

[1]) Vgl. Wundt, Physiol. Psych. [5], Bd. 3, S. 602 ff., ferner J. Zeitler, Tachistoskopische Untersuchungen über das Lesen, Philos. Stud. Bd. 16, S. 380 ff.

Wahrnehmung des exponierten Bildes. In unserem Falle aber bedarf es vor allem des relativ kontinuierlichen Übergangs vom alten Bilde zum neuen: es bedarf mit anderen Worten der Tatsache der Identifikation, die als solche durch ein formales Gesetz geregelt ist. Zu ihr treten die Assoziationen nur sekundär hinzu, und niemals können sie das Zustandekommen solcher Bewegungen hindern, die durch das rein formale Gesetz bereits eindeutig besitmmt sind.

Wenn Herr Tridapalli das Fahrrad »rückwärts« bewegt sah, so schien es ihm gleichwohl auf der Stelle zu verharren: die Assoziationen an eine »wirkliche«, d. h. erfolgreiche Rückwärtsbewegung, die hier doch gewiß so stark waren wie nur irgend möglich, reichten also nicht aus, deren Wahrnehmung zustande zu bringen. Dazu hätte das zweite Bild ein wenig seitwärts vom ersten exponiert werden müssen: bei den gewöhnlichen Bildstreifen des Dädaleums geschieht dies ja auch häufig, und zwar bekanntlich auf sehr einfache Weise: man wählt nämlich die Gesamtzahl der Streifenbilder um eine Einheit größer oder kleiner als die der Spalte: bei ihrem immer gleichen Abstande muß das ein gesetzmäßiges seitliches Fortrücken der Expositionsstelle zur Folge haben.

Kinematographische Vorführungen geben nicht selten zu einer Beobachtung Gelegenheit, die ebenfalls hierher gehört. Die Zeitschrift »Prometheus« brachte vor einiger Zeit folgende Mitteilung[1]).

Der Einzug des Königs von Spanien in Berlin wird in Lichtbildern wiedergegeben.

Alles ist in bester Ordnung: voran traben die Kürassiere, die Wagen fahren flott vorwärts und hinterher sprengen wieder Berittene. Über die Maßen verwunderlich aber ist eins: die Räder an den Wagen drehen sich sämtlich rückwärts, sodaß es scheint, als müßten sie sich jeden Augenblick samt ihren Achsen von den Wagenkästen loßreißen. Der Beobachter, aufs höchste überrascht, findet keine Erklärung des Wunders, besucht von neuem kinematographische Vorführungen und sieht denselben Vorgang noch einmal, jedoch nach einer anderen Aufnahme: jetzt aber stehen die Räder still — von kleinen Schwankungen abgesehen, »es schien, als ob

[1]) Prometheus, Jahrgang 1906, S. 237 ff.; der Autor des Artikels ist Oberstabsarzt Dr. Sehrwald.

sie eine unsichtbare Macht festhielte und dabei doch nicht stark genug wäre, das Vorwärtsfahren der Wagen selber zu hemmen«.

Für uns ist die Erscheinung nichts neues: sie entspricht aufs beste unseren früheren Experimenten über den rhythmischen Phasenausfall, nur mit dem Unterschiede, daß hier bereits der photographische Apparat die Funktionen ausgeübt hat, die in unserem Falle dem Experimentator zufielen. Von eigenem Interesse ist dagegen das Überraschende dieser Beobachtung, und das liegt offenbar in dem grotesken Gegensatz des unmittelbar wahrgenommenen zu jedweder früheren Erfahrung. Alles spricht hier gegen die Radbewegung: der Zug wie sein Gefolge, vor allem aber die Wagen selber, die deutlich vorwärts fahren; und trotzdem wird sie so widersinnig gesehen, wie es das rein formale Gesetz vorschreibt.

XXII. Der »Bewegungseindruck« ein Assimilationsprodukt.

All das lehrt nun aber gewiß nicht, daß der gesamte Bewegungseindruck von Assimilationen unabhängig ist: vielmehr gilt das lediglich von seiner Grundbedingung, von der in der unmittelbaren Anschauung verwirklichten »Identifikation«[1]). Nichts jedoch hindert uns an der Annahme, daß die vollzogene Identifikation ihrerseits Assoziationen auslöst, durch welche dieser an sich natürlich völlig subjektive Vorgang als Bewegung gedeutet wird.

Genauer scheint dies folgendes zu besagen: die gesehene räumliche Veränderung des einen (identisch bleibenden) Gegenstandes — in der ja an sich unmöglich schon Bewegung enthalten ist — verschmilzt mit reproduzierten Elementen einer ähnlichen früheren Erfahrung zu einer Einheit. In jener früheren Erfahrung aber war die räumliche Veränderung eine Bewegung: also wird auch die Bewegungsvorstellung mitreproduziert. Durch deren assimilative Verschmelzung mit dem unmittelbaren Eindruck entsteht dann die »gesehene« Bewegung.

Gegen diese Auffassung erhebt sich jedoch ein Bedenken. Es

[1]) Natürlich steht damit nicht im Widerspruch, daß, sobald nur das formale Gesetz mehrere Identifikationen zuläßt, assoziative Faktoren für die jeweilige Bevorzugung einer von ihnen entscheidend sein können: hierfür spricht eben der Fahrradversuch.

fügen sich ihr nämlich nicht alle unsere Beobachtungen gleich ungezwungen. Wir haben bereits Täuschungen kennen gelernt, bei denen die Sicherheit ihres Eintretens in gar keinem Verhältnis steht zu der Häufigkeit desjenigen, was allenfalls in der Erfahrung als ihre Grundlage gelten könnte. Kaum jemals sehen wir einen Kreis sich zu einem größeren Kreise oder einer Ellipse erweitern und niemals vollends sich in die Gestalt eines Dreiecks hineinbewegen. Und doch nehmen wir solche Bewegungen selbst dann noch wahr, wenn lediglich die beiden fraglichen Figuren exponiert sind. Freilich treten in solchen Fällen die Figuren selber viel stärker hervor als alles, was sonst noch gesehen wird: die Bewegung ist in hohem Maße diskontinuierlich, ja es ist schlechterdings unmöglich, über das, was außer den objektiven Faktoren der Exposition an der Erscheinung beteiligt ist, überhaupt eine bestimmtere Aussage zu machen. Das hindert aber den Bewegungseindruck nicht im mindesten: denn die Figuren selber erscheinen keineswegs ruhend, sondern erhalten einen eigentümlichen, nicht weiter zu beschreibenden »Bewegungscharakter«.

So äußerte Herr Mittenzwey: die Figuren erscheinen bewegt, aber es fehlt jede Möglichkeit, sich über die Einzelheiten dieser Bewegung in anschaulicher Weise Rechenschaft zu geben. Trotzdem ist auch im Momente der Exposition der unmittelbare Eindruck der Bewegung vorhanden.

Zweifellos also können wir auch solche Bewegungen stroboskopisch wahrnehmen, für die sich in der sonstigen Erfahrung keine Analogien auffinden lassen. Doch ist es nicht nötig, deshalb unsere Annahme ganz aufzugeben: sie bedarf nur der Modifikation.

Nichts zwingt uns im Grunde, bei einer solchen assimilativen Vermittlung des Bewegungseindrucks an bestimmte bewegte Gegenstände zu denken. Das Problem ist viel allgemeiner: es wird nach den Faktoren gefragt, die zu der bloßen Identifikation von Gebilden, die in ihren räumlichen Eigenschaften differieren, noch hinzutreten müssen, um eine Bewegungswahrnehmung herbeizuführen: denn nicht nur besteht das Bewußtsein, daß die beiden Figuren trotz ihrer Verwandlung »dasselbe« bleiben, sondern wir sind außerdem noch von dem Vorhandensein einer kontinuierlichen Reihe von Zwischenstufen überzeugt — nämlich überzeugt, soweit der unmittelbare Eindruck in Frage kommt.

Vielleicht ist es nützlich, sich zu vergegenwärtigen, daß jede Analogie zu dieser Tatsache fehlt, wenn es nicht räumliche Eigenschaften sind, in denen die Figuren voneinander abweichen, sondern etwa solche der Farbe: hier werden die Figuren einfach identifiziert und zugleich entsteht natürlich der Eindruck des Farbenwandels: von einer Ergänzung von Zwischenstufen dagegen ist keine Rede.

Es erhebt sich nun die Frage, ob eine solche Ergänzung, ob also — mit anderen Worten — die Vorstellung einer Bewegung in allen Fällen eintritt, in denen Identifikation des räumlich differierenden besteht. Muß dies bejaht werden, so ergibt sich eine ungemein einfache Lösung des ganzen Problems. Wir brauchen nämlich nur anzunehmen, daß jede derartige unmittelbar erlebte Identifikation assoziativ eine Bewegungsvorstellung auslöst. Daß dies geschehen kann, ist ohne weiteres verständlich: Identität des räumlich verschiedenen ist die konstante Begleiterscheinung jeder irgendwie vorgestellten oder auch nur abstrakt gedachten Bewegung und muß es sein. Es wird ja Bewegung sogar meist schlechthin als Ortsveränderung definiert; und doch ist das gewiß nur dann richtig, wenn man Veränderung von vornherein als sukzessive Veränderung über ein räumliches Kontinuum hinweg auffaßt. Die Möglichkeit des bloßen Ortswechsels ohne Bewegung, wie er bei den stroboskopischen Täuschungen in Frage kommt, scheint so paradox oder doch so unwahrscheinlich, daß sie die Definition gar nicht berücksichtigt.

In der Tat sind für uns Bewegungsrelation und Ortswechsel aufs engste verbunden. Zugleich ist diese Verbindung von jeder speziellen Erfahrung über Bewegungen unabhängig, sie ist insbesondere unabhängig von allen Gesichtswahrnehmungen. Ortsveränderung ohne Bewegung ist selbstverständlich auch für den Blinden ein Unding.

Eben deshalb aber führt nun überhaupt die Vorstellung eines Ortswechsels zugleich die der entsprechenden Bewegung herbei. Und darin liegt ein ganz allgemeines Gesetz: selbst wenn — etwa durch die Kunststücke eines Taschenspielers oder Spiritisten — »derselbe« Gegenstand rasch hintereinander an völlig verschiedenen Orten sichtbar wird, vermag sich schwerlich jemand des Gedankens zu erwehren, daß ein räumlicher Übergang vom ersten zum zweiten Orte stattgefunden hat — wenn auch vielleicht ein Übergang höchst rätselhafter Art und am Ende gar auf Wegen, die

unserer Anschauung verschlossen sind, so doch unter allen Umständen ein in die objektive Welt verlegter Übergang, eine Bewegung. Voraussetzung ist nur, daß wir von der Identität oder Einheit des erst hier, dann dort wahrgenommen auch wirklich überzeugt sind. Je deutlicher dieses Identitätsbewußtsein aber ist, um so sicherer muß dann auch das der Bewegung eintreten. Wird es vollends nicht erschlossen oder auf Grund eines Erinnerungsvorgangs wahrgenommen, sondern wie bei unseren Versuchen unmittelbar erlebt, so ist ohne Zweifel auch die Verknüpfung mit der Bewegungsvorstellung am festesten und wirkungsvollsten. Dabei wird unter Bewegungsvorstellung zunächst gar nichts weiter verstanden, als das Bewußtsein, daß zwischen den vorgestellten bzw. wahrgenommenen Figuren Zwischenphasen bestehen. Über die Art und Weise dieses Bewußtseins jedoch ist noch keine Voraussetzung gemacht.

Nun aber liegt die Annahme nahe, daß hier das geschieht, was auch sonst in ähnlichen Fällen zu geschehen pflegt. Man denke etwa an die assoziativen Faktoren des Tiefenbewußtseins und an jene Tatsachen, die als relative Unabhängigkeit der scheinbaren Objektgröße von der Größe des Gesichtswinkels bezeichnet werden könnten: die Differenz in der scheinbaren Größe von Sonne und Mond, wenn sie im Zenith und wenn sie im Horizont stehen, liefert vielleicht das beste Beispiel[1]). In allen solchen Fällen werden die direkt — d. h. in unmittelbarem Anschluß an die peripheren Grundlagen — entstehenden Wahrnehmungen dermaßen durch assimilative Einflüsse umgestaltet, daß alles Wahrgenommene direkt gegeben zu sein scheint. Besonders aber sind auch hier die wirkenden Assimilationen nicht auf Grund einzelner Erfahrungen an bestimmten Objekten entstanden, sondern auf Grund der ganz allgemeinen Erfahrung von Entfernung und Größe überhaupt[2]).

In unserem Falle gilt Analoges: das assoziativ gegenwärtige Bewegungsbewußtsein verschmilzt in ganz derselben Weise mit den direkt wahrgenommenen Elementen. Und dadurch entsteht dann jener eigentümliche »Bewegungscharakter« der einzelnen Phasen.

---

[1]) Wundt, Physiol. Psych. [5], Bd. 3, S. 529 u. an vielen anderen Stellen.

[2]) Vgl. Wundt, a. a. O. 2. Bd. S. 640.

Daß er wirklich an den exponierten Phasen zu haften scheint, zeigt wieder der »Zweikreuzversuch« am deutlichsten, und zwar besonders in den Fällen, in denen die Unterbrechungen der Exposition deutlich bemerkt werden, also bei Intervallen von 0,5—0,6 Sek.: dann nämlich sind die gesehenen objektiven Phasen mehr isoliert und deshalb der Analyse besser zugänglich. Ich gebe die Äußerungen einiger Versuchspersonen wieder.

Herr Köhler: Es scheint, als ob sich die Speichen, auch während sie gesehen werden, ganz wenig drehten.

Herr Dr. Witwitzki: Die Speichen ruhen (im Moment der Exposition) gleichsam aus, stehen aber doch nicht wirklich still.

Herr Dr. Heidenhain hatte wiederholt den Eindruck des »Schnappens«, d. h. die Speiche schien plötzlich zu ruhen, aber erst am Ende, nicht am Anfang der jeweiligen Exposition. Alle anderen Beobachter — unter ihnen Herr Prof. Witasek aus Graz, der sich einmal vorübergehend an den Experimenten beteiligte — hatten einfach den Eindruck der Bewegung.

Noch aber fehlt die Beantwortung der Hauptfrage. Ist unser Einheitsbewußtsein wirklich stets mit dem Bewegungseindruck verbunden, oder gibt es vielleicht dennoch Fälle, in denen »Phasenbilder«, d. h. Figuren, die in ihrer räumlichen Beschaffenheit irgendwie ähnlich sind, zwar unmittelbar identifiziert werden, aber gleichwohl des Bewegungscharakters entbehren?

Dagegen sprechen zunächst alle bisherigen Versuche. Die beiden Intervallgrenzen bezogen sich nur dann auf bloße Identifikation, wenn die dargebotenen Bilder keine merkbaren räumlichen Differenzen aufwiesen: das aber kommt für unser Problem gar nicht in Frage. In allen anderen Fällen aber erschien und schwand mit der Identifikation zugleich auch der Bewegungseindruck.

Noch beweisender ist folgendes: Werden zwei einfache Figuren — am besten bloße dicke Striche — in verschiedener Lage exponiert, so bewegen sie sich scheinbar aus einer Lage in die andere; immer aber gelingt es, schließlich eine solche Lage ausfindig zu machen, bei der der betreffende Beobachter keine Bewegung mehr sieht: sofort werden dann aber auch zwei verschiedene Striche gesehen[1]).

[1]) d. h. natürlich nur: der unmittelbare einheitliche Eindruck ist zerstört: auf Grund einer Überlegung kann eventuell noch immer Identität konstatiert wer-

Dagegen entsteht niemals der Anschein, als tauche derselbe Gegenstand an der neuen Stelle ganz unvermittelt auf — gleichsam durch plötzlichen Zauber dorthin versetzt: sondern stets bemerkt man noch außerdem ein Hüpfen, ein Schnellen, eine Art Ruck — kurz eine Bewegung.

Nun läßt sich fragen, wie groß unter solchen Bedingungen die räumliche Verschiedenheit der exponierten Objekte sein kann, um noch einen Bewegungseindruck zu ergeben. Es ist jedoch ungemein schwer, hier ein allgemein gültiges Maß der Verschiedenheit aufzufinden. Figuren, von denen ich die Erscheinung mit Sicherheit erwartete, enttäuschten mich oft. Wenn ich z. B. in dem doch sonst sehr modifizierbaren Zweikreuzversuch die Arme des einen Kreuzes sich nach der Peripherie zu stark verbreitern und dann nach der Mitte hin sich verjüngen ließ, so wurde von mir selbst zwar immer noch, sonst aber von keinem Beobachter Identität und Bewegung gesehen. Dagegen reckten, dehnten und drehten sich Dreieckseiten in die Lage beliebiger Polygonseiten hinein[1]), ein auf die Spitze gestelltes Quadrat senkte sich auf die Seite und hob sich wieder, und Kreise verwandelten sich — wachsend und schrumpfend — in Ellipsen, ja selbst in beliebige geradlinige Figuren — ungezwungen und für alle Beobachter.

Es schien geboten, aus dieser großen Mannigfaltigkeit den einfachsten Fall herauszugreifen. Der aber war offenbar die bloße Exposition zweier Kreise von verschiedenem Durchmesser.

Ich stellte mit den Herren Dr. Mittenzwey und Dr. Tsukahara eine Reihe von Versuchen an, in denen ich zwei kreisrunde schwarze Scheiben exponierte, deren Durchmesser in Abständen von je 5 mm von 1 bis 10 cm fortschritt. Die Objekte wurden in zwei getrennten Reihen exponiert: einmal bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit, also mit Intervallen von 0,2 Sek., dann aber ohne Verschmelzung mit Intervallen von 0,6 Sek. Zunächst zeigte sich nun, daß, soweit überhaupt eine Täuschung eintrat, immer nur eine einzige Bewegung gesehen wurde: nämlich eben die des schon bekannten »Wachsens und

---

den. Selbstverständlich geht uns das hier nichts an und ist in den nun folgenden Versuchen überhaupt ausgeschlossen.

[1]) Es versteht sich von selbst, daß immer nur die beiden in Frage kommenden Figuren exponiert waren und sonst nichts weiter.

Schrumpfens«. Im übrigen waren die Ergebnisse, wie bei den bekannten starken subjektiven Differenzen zu erwarten war, auch hier wieder sehr schwankend, so daß es mir unzweckmäßig erschien, die Versuche zu subtilisieren. Immerhin ergab sich mit voller Sicherheit, daß der Unterschied der beiden Durchmesser ein auffallend großer sein konnte: selbst bei dem Intervall von 0,6 Sek. sah Herr Mittenzwey das Wachsen und Schrumpfen noch deutlich, wenn der eine Durchmesser das Dreifache des anderen betrug; etwas ungünstiger stellte sich das Ergebnis für Herrn Dr. Tsukahara: doch trat der Effekt auch für ihn noch in allen Fällen ein, in denen das Verhältnis der Durchmesser 1 : 2 betrug. In der anderen Versuchsreihe hingegen, also bei kleinerem Intervall, konnten sich die Durchmesser bei beiden Beobachtern wie 1 : 3 verhalten, ohne die Täuschung zu stören.

Der leicht verständliche Unterschied zwischen den beiden Versuchsreihen bestätigt ein schon von Fischer[1]) gefundenes Gesetz, nach welchem das Zustandekommen einer Bewegungsvorstellung um so eher eintritt, je geringer die Lagedifferenz der einzelnen Phasen ist; wir können es im Anschluß an unsere sonstige Ausdrucksweise folgendermaßen formulieren: Die unmittelbare Identifikation sukzessiv gebotener räumlich differierender Gebilde wird durch die zeitliche Nähe ihrer Wahrnehmungen begünstigt.

Die Hauptsache aber ist auch hier wieder, daß in allen Fällen, in denen kein Wachsen und Schrumpfen zu sehen war, eine numerische Verschiedenheit der Bilder konstatiert wurde.

Der innige Zusammenhang zwischen Identitäts- und Bewegungseindruck, der sich in dieser Tatsache ausspricht, läßt sich endlich noch viel deutlicher auf folgende Weise demonstrieren.

Ich wählte einmal ausnahmsweise sehr komplizierte Phasen, nämlich die einer menschlichen Figur. Man findet auf den sogenannten »Künstlerpostkarten« vielfach derartige Phasen dargestellt: die jedesmal folgende Karte bildet die Fortsetzung der vorangehenden. Natürlich sind diese Bilder nicht so aufeinander abgestimmt wie die stroboskopischen Zeichnungen oder gar die kinematographischen Photographien. Gerade das aber macht sie für unsere Zwecke geeignet.

---

[1]) Fischer, a. a. O. S. 144.

Ich benutzte eine Serie von vier solchen Karten, die die Bewegungen einer menschlichen Figur der Reihe nach wiedergaben.

Auf der zweiten und vierten Karte findet sich die Figur von vorn: die erste dagegen zeigt sie aus dieser Stellung nach seitwärts gekehrt, etwa in einem Winkel von 135°. Darauf dreht sie sich in die frontale Stellung der zweiten Karte und dann, auf dem dritten Bilde um etwas mehr als 90° in gleicher Richtung weiter, so daß nunmehr das Profil sichtbar zu werden beginnt; außerdem wird auch noch der Oberkörper ein wenig zur Seite gebeugt. Eine Zurückdrehung in die frontale Stellung folgt dann endlich auf der vierten Karte.

Die Exposition aller vier Phasen zeigte nun wirklich die dargestellte Bewegung, freilich sehr unstetig und folglich wenig natürlich. Welches Ergebnis aber trat ein, wenn nur die erste und die dritte Phase exponiert wurden? Hier war auf den ersten Blick auch jetzt noch deutlich, daß sich beide Bilder auf dieselbe Figur bezogen. Also konnte man — bei der geringen Ähnlichkeit, die für stroboskopische Versuche erforderlich ist — mit voller Sicherheit erwarten, daß die Bilder unmittelbar identifiziert wurden. Zugleich war doch jede Analogie zum früheren Eindruck ganz und gar ausgeschlossen: die Umkehrbewegung war unmöglich gemacht. Denn dabei mußte die Figur offenbar einen Moment lang von vorn zu sehen sein: es hätte also — von anderen Schwierigkeiten abgesehen — das nunmehr objektiv so gut wie gar nicht vorhandene Gesicht der Figur auf assoziativem Wege konstruiert werden müssen: und damit wäre denn doch den Assoziationen ein wenig zuviel zugemutet. Kurz: wenn überhaupt in einem Falle, so war hier mit Sicherheit zu erwarten, Identifikation werde ohne gleichzeitigen Bewegungseindruck eintreten.

Was aber geschah? Solange noch Verschmelzung fehlte, war gar kein einheitliches Bild vorhanden, dann aber sah man dennoch Bewegung — freilich eine ganz unerwartete. Alle Beobachter (Herr Dr. Urban, Herr Dr. Heidenhain und ich selber) hatten wieder den Eindruck des »Wachsens und Schrumpfens«, die eine Figur schien in die andere hinüberzuwachsen: genau wie die Kreise und Ellipsen; sie machte also eine empirisch ganz unmögliche, in der Erfahrung niemals verwirklichte Bewegung.

Damit scheint mir erwiesen, daß es nicht Einwirkungen be-

stimmter früherer Erfahrungen sind, die den Bewegungseindruck erzeugen. Vielmehr kommen solche Einflüsse nur sekundär in Frage: sie sind nicht entscheidend für den Eintritt der Bewegungswahrnehmung überhaupt, sondern nur für die Art und Weise, in welcher, oder für den Weg, auf welchem die auch so schon ermöglichte Bewegung vor sich geht. Sie geht aber unter allen Umständen vor sich, wenn bei merkbarer räumlicher Abweichung dennoch auf Grund der unmittelbaren Anschauung ein Einheits- oder Identitätsbewußtsein entsteht. Dieses Bewußtsein muß unter der genannten Bedingung ein Bewußtsein der Bewegung hervorrufen, welches assimilativ mit den gegenwärtigen Sinneswahrnehmungen verschmilzt und ihnen den eigenartigen Bewegungscharakter verleiht[1]).

Verhält es sich aber so, so ist nichts verkehrter, als von einer Bewegungsempfindung zu sprechen. Die Empfindungen sind hier vielmehr gerade das, worin der »Bewegungscharakter« ganz gewiß nicht liegt[2]). Es besteht ja das einfache Gegenexperiment. Exponieren wir jedes der wenigen Phasenbilder, die eine Bewegung zusammen setzen, einzeln, aber unter denselben objektiven Bedingungen wie vordem, so erscheinen sie ruhend. Das »Mehr« also, das die beiden Eindrücke zur Bewegung umschafft, ist gewiß kein Faktor, der in den Eindrücken an und für sich liegt, es ist nichts, das auf Grund allgemeiner psychologischer Gesetzmäßigkeit schon mit den einzelnen Reizvorgängen selber gegeben wäre, sondern die Resultante aus mehreren derartigen Vorgängen. Sollte man daher unter »Sehen« lediglich das bloße Haben von Gesichtsempfindungen verstehen wollen, so wäre es unzweifelhaft grundfalsch zu sagen: Bewegungen werden gesehen.

Andererseits bleibt doch bei der Eigentümlichkeit assimilativer Wirkungen durchaus der Charakter des sinnlichen Eindrucks erhalten: und deshalb muß in diesem Sinne doch wieder gesagt werden, daß wir Bewegungen sehen. Aber das ist am Ende lediglich Sache des Ausdrucks.

Wichtiger scheint mir folgendes. Wenn der Bewegungscharakter

---

[1]) Vgl. oben S. 145.

[2]) Ebenso geht aus dem Gesagten hervor, daß es des Hilfsbegriffs einer »Gestaltqualität der Bewegung« zur Erklärung jenes »Bewegungscharakters« in keiner Weise bedarf.

assimilativ an den einzelnen sinnlichen Eindrücken haftet, so haftet er doch keinesfalls gleichmäßig an ihnen allen. Vielmehr müssen bestimmte Phasenbilder stets durch das Fehlen dieses Charakters ausgezeichnet sein. Im Grunde ist das selbstverständlich: wird ein und dasselbe Rad zehnmal hintereinander in derselben Lage exponiert und erst das elfte Mal in einer neuen, so fehlt natürlich den zehn ersten Wahrnehmungen jeder Bewegungscharakter und erst mit dem Beginn der elften kann überhaupt von einem Bewegungseindruck die Rede sein. Daraus ergibt sich die einleuchtende Regel, daß das erste Bild jeder neuen Bewegung des Bewegungscharakters entbehren muß. Das zeigt sich schon in unseren Zweiphasenversuchen aufs beste. Dem kleineren Kreise z. B. fehlt der Charakter des Wachsens; dieser kann erst bei Exposition des größeren entstehen. Genau so haftet der Eindruck des Schrumpfens lediglich an der Wahrnehmung des kleinen Kreises. Die Erscheinung kompliziert sich, wenn die einander entgegengesetzten Bewegungen durch mehr als zwei Phasenbilder dargestellt werden. Das ist — teilweise wenigstens — bei den Versuchen Fischers der Fall. Wie wir wissen, handelt es sich dort erst um die Auf- und dann um die Abwärtsbewegung eines Punktes. Jeder Punkt ist von seinem Nachfolger um eine Strecke entfernt, die der Größe nach immer, der Richtung nach aber in einer jeden Hälfte der Punktreihe konstant bleibt. Die beiden Strecken, die den zentral gelegenen Punkt von seinen zwei Nachbarpunkten trennen, sind also — ihrer Exposition nach — entgegengesetzt gerichtet. Dieser Zentralpunkt ist nämlich als Umkehrpunkt gedacht. Er bedeutet die letzte Phase der aufwärts und zugleich die erste der abwärts gerichteten Bewegung. Nun wissen wir aber, daß jedes erste Phasenbild einer neu einsetzenden Bewegung des entsprechenden Bewegungscharakters entbehren muß. Also ist unser Punkt in Wahrheit gar kein Umkehrpunkt, sondern lediglich der Träger der alten Bewegung. Die nach abwärts gerichtete Bewegung setzt erst mit dem nächstfolgenden Punkte ein. Es muß sich zwischen der Exposition der beiden fraglichen Punkte der schroffe Gegensatz geltend machen, den die umstehende Figur (Fig. 8) zu veranschaulichen sucht. Der Richtungsumschlag wird dadurch viel bemerkbarer, als es der Absicht der Streifenzeichnung entspricht. Ganz dieselben Betrachtungen gelten natürlich auch für den untersten Punkt. Auch

ist fernerhin klar, daß die Erscheinung um so deutlicher eintreten muß, je stetiger die Bewegung vor und nach der Umkehr an und für sich schon ist. Denn die Unterbrechung eines kontinuierlichen

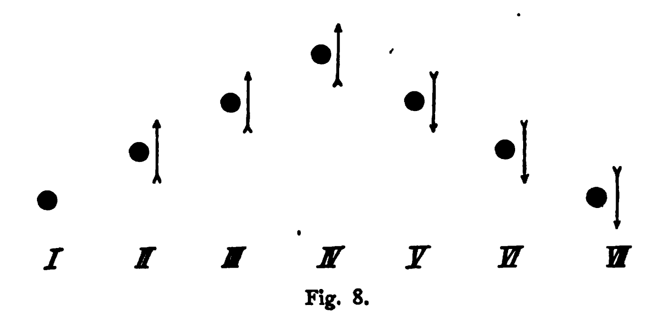


Fig. 8.

Vorgangs ist zweifellos merkbarer als die eines selber schon diskontinuierlichen. Die Stetigkeit ist aber, wie unsere Ausfallversuche gelehrt haben, abhängig von der Anzahl der zu einer vorgeschriebenen Bewegung exponierten Phasen. Also wird die Erscheinung dann am sichtbarsten werden, wenn möglichst viel Phasen, 24, 36 oder noch mehr exponiert sind.

Alles das entspricht nun Beobachtungen, die schon Fischer[1]) gemacht hat — seiner Erklärung freilich nicht im mindesten: er sucht nämlich die Erscheinung mit der plötzlichen Unterbrechung in Zusammenhang zu bringen, die wir spüren, wenn wir bei einer Eisenbahnfahrt das scheinbare Auf- und Abschwingen der Telegraphendrähte verfolgen und dabei eine der Stangen in unser Gesichtsfeld tritt[2]). Es wurde schon an einer früheren Stelle[3]) gezeigt, daß diese Analogie keineswegs zutrifft.

Aus der eben entwickelten Anschauung ist aber auch verständlich, daß jenes Störungsphänomen aufhören muß, sobald nur solche Punkte exponiert werden, die in gleichen Horizontalabständen auf einer Sinuslinie liegen: denn dann entstehen offenbar Sinusschwingungen, die in ihren Umkehrpunkten schon so wie so der Bewegung entbehren.

Wie man sieht, ist die Grundlage aller dieser Betrachtungen sehr

---

[1]) Fischer, a. a. O. S. 150 f.

[2]) Fischer, a. a. O. S. 151.

[3]) Siehe oben S. 22 Anm. 1.

einfach: sie besteht in der Tatsache, daß zum Zustandekommen eines Bewegungseindrucks nur zwei Phasenbilder erforderlich sind, diese zwei aber auch unter allen Umständen. Es ist jedoch zweckmäßig, hier das Wort Phasenbild zu vermeiden: denn im Begriff der Phase ist die Bewegungsrelation bereits mitgedacht: und gerade sie darf doch am allerwenigsten gleich vorausgesetzt werden. Vielleicht spricht man deshalb besser von zwei räumlich verschiedenartig bestimmten Gesichtseindrücken, die aber doch ähnlich genug sind, um — wenn sie einander schnell genug folgen — unmittelbar auf ein und dasselbe Objekt bezogen zu erscheinen.

Diese Formulierung hat noch einen besonderen Vorteil: sie läßt es völlig dahingestellt, ob eine Täuschung vorliegt oder nicht: sie gilt ebensogut für wirkliche Bewegungen. Dadurch erhebt sie sich aber zu einer allgemeinen Bestimmung des Sehens von Bewegungen überhaupt. Wenn zwei oder mehr rasch sukzedierende Gesichtswahrnehmungen, die auch sonst die erwähnten Eigenschaften haben, »identifiziert« werden, so ist alles vorhanden, was zur Erzeugung eines Bewegungseindrucks erforderlich ist, und es ist dabei ganz gleichgültig, ob jene Wahrnehmungen von einem einzigen bewegten Gegenstande ausgehen oder aber von mehreren ruhenden Bildern.

Die stroboskopischen Bewegungserscheinungen sind nichts als ein besonders eklatanter Fall dieses auch sonst bestätigten Gesetzes: nur sind sie durch den Hinzutritt einer Täuschung unseres Identitätsbewußtseins noch besonders gekennzeichnet. Alles andere findet sich überall, wo überhaupt Bewegungen gesehen werden.

Das braucht nicht zu überraschen: daß die bloße sukzessive Reizung eines Netzhautkontinuums allein nicht ausreicht, haben wir schon früher erkannt[1]), jetzt erfahren wir, daß sie nicht einmal notwendig ist. Zudem wird ja unser Netzhautkontinuum selber erst auf Grund assimilativer Einflüsse zu einem räumlichen Kontinuum, wie es die Bewegungswahrnehmung doch ganz gewiß erfordert. Auch findet bei Bewegungen, die in die Tiefe gerichtet sind, gar keine Durchwanderung einer zusammenhängenden Netzhautstrecke statt, wenigstens nicht in dem Sinne, in dem man dies gewöhnlich bei Bewegungen voraussetzt. Und wie steht es vollends um die verbrei-

---

[1]) Vgl. oben S. 58.

tetsten Bewegungen, die wir zu sehen bekommen, um die Bewegungen lebender Wesen? Glaubt man, daß bei der Beobachtung laufender, springender, tanzender Menschen wirklich alle Phasen bemerkt werden, aus denen sich diese komplizierten Bewegungen zusammensetzen? Die Gehbewegung — sie braucht nicht einmal besonders schnell zu sein — zeigt uns nur die Anfangs- und Endstadien der einzelnen Schritte, trotzdem aber sehen wir sie. Das Kontinuum jedoch, das zwischen diesen beiden Stadien auf dem Netzhautbilde liegt, wird verschwindend wenig und zudem auf eine Weise gereizt, die für die Bewegung nicht in Betracht kommt: denn der Nachbildstreifen an sich fördert die Bewegungswahrnehmung nicht, sondern hemmt sie; und wo bleibt vollends der Nachbildstreifen im Halbdunkel?

So erklärt es sich auch am ungezwungensten, daß Momentphotographien gehender Personen, wie wir sie in der »Woche« und ähnlichen Zeitschriften mehr als reichlich zu Gesicht bekommen können, nicht selten einen überaus unnatürlichen Eindruck hervorrufen und jedenfalls ganz anders erscheinen als Gemälde oder Zeichnungen, die Ähnliches darstellen. Hier hat eben der Apparat gerade eine solche Phase erwischt, die in Wirklichkeit niemals gesehen wird.

Man sieht, wie außerordentlich unsere Behandlung des Bewegungsproblems sich von derjenigen Sterns unterscheidet. Für Stern liegt darin das Problematische, daß trotz tatsächlicher Sukzession mehrere der gesehenen Bewegungsphasen gleichzeitig erscheinen müssen, um eine unmittelbare Bewegungswahrnehmung abzugeben. Doch besteht dieses Rätsel nur infolge einer unklaren Analyse. In Wahrheit sind die Phasen einer gesehenen Bewegung immer gleichzeitig, nämlich gleichzeitig in unserem Bewußtsein. Das aber tut der apperzeptiven Auffassung ihrer tatsächlichen Folge nicht den mindesten Abbruch.

Die Zahlen, die wir für die größtmöglichsten stroboskopischen Intervalle gefunden haben, können dies nur bestätigen: sie lassen sich recht gut mit den Messungen vereinigen, die über den Umfang des Bewußtseins bei sukzedierenden Reizen gemacht worden sind[1]).

Nur in einem Punkte ist es allerdings notwendig, Stern beizustimmen: in der entschiedenen Ablehnung jeder logischen Inter-

[1]) Vgl. Wundt, Physiol. Psych. [5], Bd. 3, S. 355 ff.

pretation der fraglichen Erscheinungen, wie sie von diesem Autor wenigstens postuliert wird. Die gefährlichste unter solchen Interpretationen aber ist die, nach welcher die gesehene Bewegung eine Art Spiegelbild der wirklichen Bewegung sein soll, eine womöglich physiologische Manifestation der von dem bewegten Körper durchlaufenen Raumstrecke. Gefährlich nenne ich diese Interpretation, weil sie der vulgären Auffassung, die ja überhaupt das Bewußtsein gern als einen Spiegel der äußeren Vorgänge zu betrachten sucht, sehr bedenkliche Konzessionen macht: Konzessionen, die dann zu einer prinzipiell verkehrten Psychologie führen müssen.

Ihnen entgegenzutreten, war die Hauptaufgabe der vorstehenden Erörterungen.

XXIII. Überblick.

Es sei versucht, noch einmal die Grundgedanken wiederzugeben.

Es ist gesagt worden: die stroboskopischen Erscheinungen beruhen auf den Tatsachen des Talbotschen Gesetzes. Daß sie auf denen des Gravitationsgesetzes beruhen, kann mit demselben Rechte behauptet werden. Sie haben mit beiden gleich wenig zu tun: nur eine Forschung, deren Methode in einem grundsätzlichen Verzicht auf psychologische Analyse besteht, kann zu einem solchen Ergebnis gelangen.

Die Verschmelzung spielt allerdings bei den stroboskopischen Erscheinungen eine Rolle: aber gewiß nicht im Sinne der Talbotschen Verschmelzung, die besser Mischung genannt würde, sondern im Sinne jener einfachen Nachbildwirkung, durch die eine diskontinuierliche Bildfolge in eine kontinuierliche verwandelt wird. Dabei sehen wir ganz von den Apparaten ab, bei denen der Nachbildwirkung noch eine besondere technische Bedeutung zukommt: bei Dädaleum und Stampferscher Scheibe nämlich werden auf diese Weise — speziell durch die vorübergleitenden Spalte — die einzelnen Bilder, die in Wahrheit in fortwährender gleichmäßiger Bewegung begriffen sind, für unsere unmittelbare Auffassung in ruhende Gebilde umgesetzt. Beim Kinematographen dagegen und allen ähnlichen Vorrichtungen werden die Bilder bereits ruhend exponiert: sie verharren während der Exposition an derselben Stelle. Denn es ist das wichtigste Grundgesetz der Stroboskopie,

daß die Eigenbewegung der vorgeführten Bilder dem Beobachter entzogen sein muß. Auch wenn jedoch im Moment der Exposition gar keine Bewegung vorhanden ist, muß doch wenigstens der nun einmal unumgängliche Bildtransport vor ihr und nach ihr verdeckt werden. Das geschieht in allen Fällen einfach durch einen dunkeln Schirm. Nunmehr besteht ein ständiger Wechsel von an sich unbewegten Bildern und dunklen Pausen. Werden die Pausen möglichst abgekürzt, so kann schließlich bei genügender Helligkeit durch Nachbildwirkung der Anschein eines einzigen kontinuierlich exponierten Gebildes von annähernd konstanter Intensität und gleichbleibendem oder aber auch sehr bedeutend wechselndem sonstigen Aussehen erzeugt werden.

Es ist zweckmäßig, diese Tatsache als Verschmelzung zu bezeichnen. Dann ist aber noch immer kein Grund vorhanden, diese Verschmelzung als alleinige Ursache der stroboskopischen Täuschungen anzusprechen. Die Hauptsache bleibt stets, daß die einzelnen Bilder einander ähnlich genug sind, um unmittelbar als Vertreter eines einzigen Gegenstandes zu erscheinen: denn im anderen Falle erhält man den Eindruck einer kontinuierlichen Reihe numerisch verschiedener Bilder.

Aber noch mehr: die Verschmelzung ist überhaupt nicht einmal erforderlich. Der Eindruck eines einzigen, ständig gegebenen und sogar bewegten Gegenstandes kann selbst dann noch entstehen, wenn die Pausen zwischen den Expositionen deutlich bemerkt werden. Da die beim Dädaleum allerdings stets notwendige Nachbildwirkung nur technische Bedeutung hat, so sind also die stroboskopischen Täuschungen ohne jedwede Verschmelzung möglich: die Behauptung, sie beruhten auf Nachbildern oder auf Verschmelzung, ist daher schlechterdings falsch. Nur eine unterstützende Bedeutung kann diesen Erscheinungen zugewiesen werden.

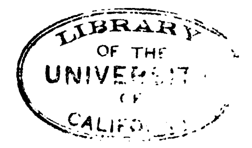
Fragt man, wie es kommt, daß trotz merkbarer Unterbrechungen Bewegung »gesehen« wird, so muß auf die allgemeinen Grundlagen des Sehens von Bewegungen verwiesen werden. Damit nämlich eine Bewegung gesehen wird, ist zunächst nötig, daß mindestens zwei Gesichtswahrnehmungen nacheinander bestehen, die in ihren räumlichen Bestimmungen wenig genug voneinander abweichen, um identifiziert, d. h. auf einen einzigen Gegenstand bezogen werden zu können.

Zweitens aber muß diese Identität oder Einheit unmittelbar erlebt werden, und dazu ist nötig, daß die beiden fraglichen Wahrnehmungen rasch genug aufeinander folgen, um als ein einziges, einheitliches Ganze im Bewußtsein zu wirken. Die zweite darf nicht etwa die erste durch einen Erinnerungsvorgang reproduzieren: sondern beide müssen gleichzeitig im Bewußtsein vorhanden sein, nämlich gleichzeitig in dem Sinne, in welchem dies vom gesprochenen Wort oder einer kurzen Reihe von Taktschlägen ebenfalls behauptet werden muß. Das Bemerktwerden einer Unterbrechung verträgt sich recht wohl mit solcher »Bewußtseinssimultanität«: nur sind dann im entsprechenden Falle nicht zwei, sondern drei Wahrnehmungen gleichzeitig im Bewußtsein.

Identität des räumlich unterschiedenen ist aber nicht vorstellbar ohne den Gedanken an Bewegung oder an das Bestehen von Zwischenphasen. Bei der zwingenden Deutlichkeit, mit der die Einheit der beiden Gesichtsbilder erlebt wird, verschmilzt dieses Bewegungsbewußtsein assimilativ mit den sinnlich wahrgenommenen Elementen, so daß diese einen eigentümlichen Bewegungscharakter erhalten, der aber ebensowenig eine Empfindung genannt werden darf wie etwa die sekundären Faktoren des Tiefenbewußtseins und ähnliches.

Während nun bei den gewöhnlichen Bewegungen die »unmittelbar identifizierten« Wahrnehmungsinh[illegible]ch wirklich jeweils einem einzigen Gegenstande entsprechen, [illegible] das bei den stroboskopisch gesehenen Bewegungen nicht der Fall: sie sind daher »Identifikationstäuschungen«, und zwar speziell solche, bei denen das Bewußtsein entsteht, es sei ein in Wahrheit mindestens numerisch verschiedenes in der unmittelbaren Wahrnehmung als konstante Einheit gegeben: kurz es handelt sich bei ihnen um Identifikation derselben Art, wie sie oben schon geschildert wurde.

Deshalb ist es zweckmäßig, alle derartigen Täuschungen als stroboskopische Erscheinungen zu bezeichnen, ganz gleichgültig, ob sie durch die gebräuchlichen Apparate hervorgebracht werden oder nicht. Tatsächlich ist dies bisher auch — im allgemeinen wenigstens — bereits geschehen.



Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig

ɩalte av
ist

